TABELA III

Cimentos Portland de alta resistência inicial

DESIGNAÇÃO		R-0	R-1
CARACTERÍSTICAS			
FÍSICAS E MECÂNICAS			
FINURA, abaixo de 74 μ, %		97,3	97,8
PEGA, Início, H. m		1.10	1.45
CONS. NORMAL, água em peso, %		30,0	30,0
EXPANSÃO, Le Chatelier, mm		0,5	1
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO,			
Método MB-1, kg/cm²	1 d	138	119
	3 d	274	328
	7 d	454	430
	28 d	—	510
QUÍMICAS		P O R	C E N T O
ANÁLISE QUÍMICA			
Res. insolúvel		0,07	0,12
SiO_2		19,10	18,40
Al_2O_3		4,98	5,11
Fe_2O_3		4,50	5,79
CaO combinada		60,85	60,52
CaO livre		0,25	0,28
MgO		5,78	5,72
SO_3		2,38	2,49
Perda ao fogo		1,94	1,53
Total		99,85	99,96
CONSTITUIÇÃO POTENCIAL, calculada segundo Bogue			
C_3S		55,8	56,8
C_2S		12,7	10,0
C_3A		5,6	3,8
C_4AF		13,7	17,6
$CaO.SO_3$		4,1	4,2
C_3S/C_2S		4,38	5,67

que os respectivos valores referentes aos cimentos da Tabela IV que às 24 h se mostraram abaixo da especificação então vigente.

Os ensaios constantes das Tabelas III e IV foram executados no IPT (*), portanto segundo os métodos padronizados.

CONSIDERAÇÕES INTERPRETATIVAS

Os resultados atrás expostos outra coisa não são senão o corolário de uma faceta da experiência brasileira na tecnologia do cimento Portland.

Um dos primeiros problemas sérios a enfrentar e resolver era o que dizia respeito à influência da magnésia nas propriedades do cimento, visto aquele óxido estar associado em quantidade mais ou menos apreciável aos calcários utilizados no fabrico do cimento, principalmente no Estado de São Paulo.

Pretendia-se em eras passadas conceber a existência de certa equivalência molecular da magnésia em relação à cal no mecanismo termo- e físico-químico da formação do cimento Portland e, na sua ulterior hidratação, quando aplicado. Admitiu-se depois, porém, que a magnésia era destituída de qualquer valor hidráulico e não acompanhava a cal em nenhuma das suas com-

TABELA IV

Cimentos Portland beirando alta resistência inicial

DESIGNAÇÃO	R-6	R-8	R-9	R-16	R-17
CARACTERÍSTICAS					
FÍSICAS E MECÂNICAS					
FINURA, ∠ 74 μ, %	97,7	97,5	95,9	98,9	97,7
PEGA, Início, M.m	1.05	1.20	1.30	1.20	1.15
CONS. NORMAL, água em peso %	28,6	30,0	32,5	27,0	30,0
EXPANSÃO, Le Chatelier, mm	0	1,5	0,5	1	1
RESISTÊNCIA, COMPRESSÃO, Método MB-1, kg/cm² 1 d	71	62	81	80	67
3 d	257	244	220	241	295
7 d	353	292	269	361	419
28 d	—	—	—	470	494
QUÍMICAS					
ANÁLISE QUÍMICA	P O R C E N T O				
Res. insolúvel	0,14	0,12	0,07	0,07	0,08
SiO_2	20,20	20,20	20,00	19,80	20,20
Al_2O_3	5,31	5,42	5,50	5,18	5,12
Fe_2O_3	3,19	3,93	4,25	3,37	3,53
CaO combinada	61,54	60,86	60,44	62,71	61,91
CaO livre	0,16	0,34	0,16	0,09	0,09
MgO	4,93	4,98	4,93	5,82	5,49
SO_3	2,28	2,18	2,34	1,72	1,90
Perda ao fogo	1,90	2,04	1,90	1,23	1,61
Total	99,65	100,07	99,59	99,99	99,93
CONSTITUIÇÃO POTENCIAL, calculada segundo Bogue					
C_3S	50,2	45,9	44,3	60,2	53,6
C_2S	20,1	23,3	24,0	11,4	17,6
C_3A	8,7	7,7	7,4	8,0	7,6
C_4AF	9,7	11,9	12,9	10,2	10,7
$CaO.SO_3$	3,9	3,7	4,0	2,9	3,2
CaO livre	0,16	0,34	0,16	0,09	0,09
C_3S/C_2S	2,50	1,97	1,84	5,27	3,05

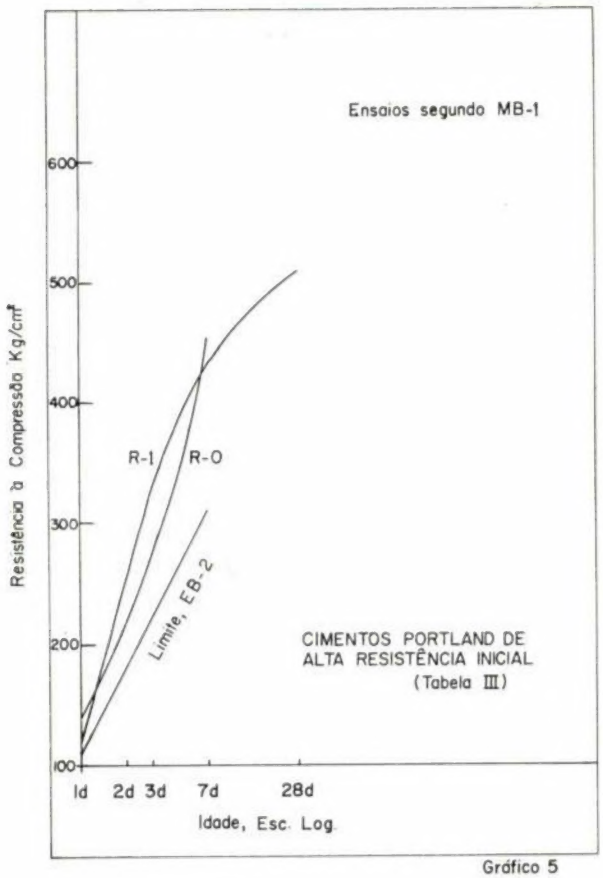


Gráfico 5

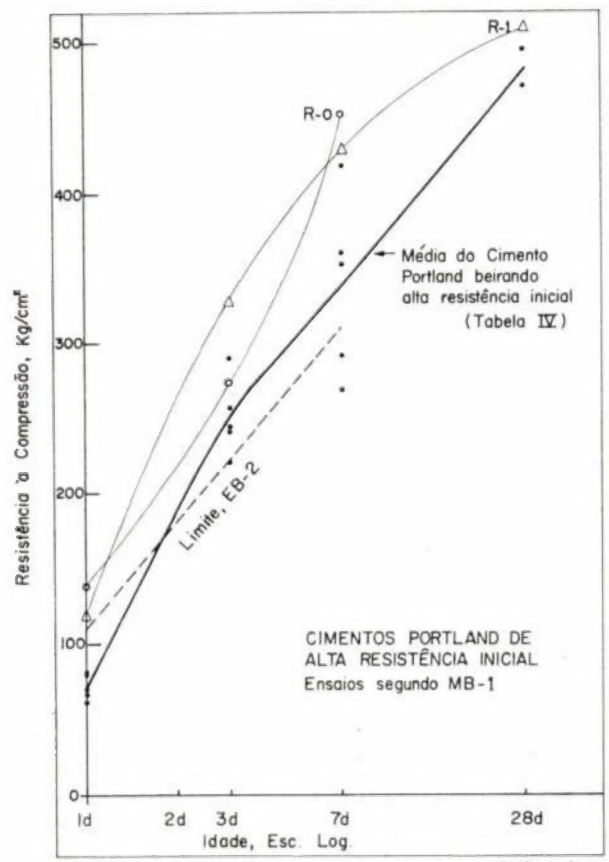


Gráfico 6

binações ou equivalências. Não é oportuno neste momento, nem este estudo se destina a tanto, aprofundar ou pretender discernir nas suas raízes o estado ou estados em que se encontra a magnésia no cimento Portland pois ter-se-ia de enfrentar e aprofundar uma interminável discussão verdadeiramente académica ou mesmo científica, tão variadas as observações e concituações até hoje formuladas sobre esse assunto.

O mecanismo das reacções que dão lugar à formação do clínquer Portland não se processa entre substâncias quimicamente puras, mas entre substâncias no seu estado mineralógico virtualmente *in natura*, destituídas de qualquer tratamento químico prévio. Apenas finamente subdivididas, a fim de poderem oferecer a maior superfície de contacto possível entre si, a mais adequada às inter-reacções que devem desenrolar-se no decorrer do mecanismo subsequente termo-químico que tem lugar no forno e resfriador. Dificilmente pois se formam compostos quimicamente puros mas antes substâncias, quais outros minerais, sob a acção ígnea que, aglutinadas sob diversas formas em soluções sólidas, inclusões, cristalizações, vitrificações, duma maneira mais ou menos perfeita e mais ou menos completa, constituem petrologicamente o clínquer Portland. Os óxidos predominantes tais como cal, dum lado, e sílica e alumina, do outro, reagirão mais prontamente entre si quando em presença doutras substâncias intimamente associadas tais como ferro e magnésia que, ocasionando e facilitando a formação da fase líquida, arrastarão nesse fluxo em maior ou menor grau compostos ferro-aluminosos com capacidade de absorção de MgO até um certo limite de saturação. A fase sólida, a mais volumosa, onde predominam os silicatos, tem o poder de arrastar também certa quantidade de MgO a qual se incorpora sob a forma de inclusões cristalográficas ou em solução sólida ou até intercambiada, em parte, equivalentemente com a cal, ficando assim, acobertada, ao abrigo de eventual ulterior hidratação, sendo essa quantidade directamente proporcional à quantidade de silicato tricálcico. Donde se infere a importância de, em presença de altos teores de MgO, proporcionar uma composição tal que se elevem no cimento Portland as quantidades de ferro e silicato tricálcico ao máximo. É o que realmente se constata com os cimentos Portland de alta resistência inicial constantes da Tabela III.

As fases porém, que se deparam no decorrer do mecanismo da clinquerização, se entrechocam e colidem de modo que nem tudo se passa tão simplesmente como tem vindo sendo esquematizado e idealizado, dependendo o complemento das reacções e a estruturação mineralógica final não só das substâncias presentes mas também do tratamento térmico seguido, isto é, da duração de exposição a determinadas temperaturas e das condições do subsequente resfriamento assim como do meio oxidante, neutro ou redutor em que aquele mecanismo tem lugar, resultando assim quantidade variável de substâncias microcristalinas, cristalóides e vítreas. Verdadeiramente às diversas fa-

(*) Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, Brasil.

ses que constituem o clínquer Portland não correspondem exactamente os compostos químicos que têm vindo sendo apontados e admitidos como seus constituintes fundamentais. Todos eles arrastam substâncias outras em maior ou menor grau com as quais se associam em solução sólida ou de qualquer outra maneira, de modo que são quase sempre acompanhadas de impurezas.

Citando assim algumas pesquisas sobre o assunto poder-se-ia aduzir trabalhos de Jeffrey [5] e de von Euw [6], segundo os quais a alita pode incorporar magnésia em quantidade directamente proporcional ao silicato tricálcico, chegando ulteriormente, em 1959, segundo um estudo em conjunto por Brunauer, Copeland, Kantro, Weise e Schultz [7], a aventar-se a seguinte fórmula química para a alita

$$52\ (3CaO.\ SiO2).\ 6CaO.\ Al2O3.\ MgO.$$

Kalo [8] em 1958, no Japão, demonstrou que MgO até $1\frac{1}{2}$ % pode tomar o lugar de CaO nos compostos férricos. A solubilidade de MgO aumenta com a temperatura tanto no silicato tricálcico como no aluminato tricálcico, conforme pesquisas levadas a cabo por Lerch [9] em 1962. Posteriormente Midgley e Hetcher [10], em 1963, chegaram por difratometria em raios X à conclusão de que MgO pode mesmo substituir molecularmente CaO no silicato constituitivo da alita.

Vê-se pois em resumo como o papel que desempenha ou, melhor, o estado em que a magnésia pode encontrar-se no cimento Portland está em vias de ser definitivamente esclarecido mercê dos meios de que actualmente se dispõem nas pesquisas tecnológicas.

Entretanto, a partir da composição química elementar referida aos diversos óxidos determinada segundo métodos analíticos consagrados, têm, pouco depois do advento da indústria de cimento no Brasil, vindo os compostos constituitivos do cimento Portland sendo computados segundo um sistema idealizado por Bogue [11], baseado na pressuposição de que certas condições de equilíbrio seriam atingidas na formação de clínquer Portland cujas reacções se completariam e subsistiriam em analogia generalizada em qualquer unidade de fabricação. Trata-se evidentemente dum simples e engenhoso cálculo estequiométrico que, baseado na composição elementar, ignora totalmente a estrutura mineralógica subsistente. A este método foram uletriormente aduzidas por Lea e Parker [12], em 1935, alterações restritivas e suplementares correspondentemente a relações baixas existentes entre os conteúdos de Al2O3 e Fe2O3.

De qualquer forma os dois métodos podem conduzir a resultados inevrídicos por, primeiro, se basearem numa constituição de compostos quimicamente puros que, como tais, dificilmente ocorrem no clínquer Portland e, em segundo lugar, por, na análise química em geral, não se deduzirem dos óxidos considerados fundamentais aqueles elementos secundários que eventualmente correm em menor quantidade tais como o titânio, magnésio e fósforo.

Todavia, quando aplicado, numa modalidade ou noutra, a cimentos Portland fabricados nas mesmas condições, como soi acontecer em geral numa mesma fábrica, esse método de computação propicia um valioso e elucidativo meio de guia, orientação e controlo. Por essa razão foi adoptado no seguimento do presente estudo, tendo esse método de computação sido aliás incorporado nos E. U. A. pela ASTM à Especificação para cimento Portland C 150 [13], não obstante dever ter sido aplicada a alteração aventada por Lea e Parker aos cimentos de alta resistência inicial constantes da Tabela III, a qual não foi contemplada para não haver desvio na linha inicial de formulação, aliás antes indicativa e convencional do que propriamente de natureza positivamente estrutural.

Actualmente a indústria de cimento Portland tem atingido um auge de desenvolvimento notável, o qual certamente prosseguirá, tais os estudos e pesquisas em curso que visam a constituição estrutural das diversas variedades de cimento Portland, podendo chegar assim a esclarecer cabal e tecnicamente certos detalhes e fenómenos sobre os quais ainda não se tenha porventura chegado a unanimidade de pontos de vista. Em grandes centros de pesquisas tecnológicas mundiais, estudos exaustivos têm recaído especialmente sobre produtos artificialmente preparados em laboratório ou em escala experimental, e menos frequentemente sobre produtos similares industrialmente fabricados a partir de matérias-primas comumente usadas. Assim, para melhor e mais racionalmente poderem ser, à luz da ciência e da tecnologia, definitivamente esclarecidos certos pontos ainda sujeitos a controvérsia, seria sumamente importante e desejável recorrer a métodos de observação, análise e exame, qualitativos e quantitativos, hoje disponíveis.

Os métodos químicos clássicos de que tanto se tem beneficiado a indústria de cimento Portland, embora de utilidade principalmente no controlo diuturno da fabricação, são insuficientes, tendo de ser suplementados por outros métodos de exame e observação tais como os proporcionados por microscópios petrográfico, esterioscópico e electrónico, por difratometria em raios X, por absorpção em raios infravermelhos e, quiçá, mais simplesmente recorrendo ainda a métodos físicos e químicos de separação dos constituintes mineralógicos, duma maneira directa. É se assim levado a desvendar e mesm oavaliar os agrupamentos mineralógicos, os quais constituem o verdadeiro arcabouço do clínquer Portland, já que este, virtualmente de natureza petrológica, é uma associação íntima de minerais artificialmente formados, cada qual com seus caracteres próprios, texturais, cristalográficos, físicos e químicos. De modo que, para seu estudo e exame, têm de ser aplicados métodos similarmente seguidos em petrografia como, aliás, já o autor preconizava, em 1937, num trabalho apresentado ao 3.º Congresso Sul-americano de Química [14].

FINALIZAÇÃO

Afigura-se de importância, devido à premência com que o produto terá de eventualmente enfrentar ocorrência insistente de teores crescentes de MgO na matéria-prima disponível, que se reflecte similarmente em qualquer variedade de cimento Portland, frisar que, de resto, a prática a ser seguida em nada divergirá essencialmente da mantida na fabricação dum cimento Portland de boa qualidade, de tal forma que, para chegar à obtenção de cimento Portland de alta resistência inicial, visto ter de desenvolver hidraulicidade mais avivada, ou seja, reactividade mais acelerada, devem na sequência de sua manufactura ser cuidadosamente mantidos todos aqueles meios e condições atinentes à preparação dum produto acabado perfeito, tal como a seguir sucintamente assinalado:

1) Pulverizar as matérias-primas ao maior grau possível de extrema subdivisão.

2) Homogeneizar perfeitamente a mistura calcário-argilosa, evitando toda e qualquer segregação e decantação.

3) Clinquerizar completamente de tal modo que o clínquer, uma vez formado, não fique repisadamente sob a acção da chama que deve ser penetrante e predominantemente oxidante.

4) Pulverizar o clínquer a um grau máximo de subdivisão a ponto de, por vezes, ter de recorrer-se à remoagem em presença de gesso adicional para regularização da pega, sendo também recomendável, e até desejável às vezes, a introdução de agentes dispersores em diminuta quantidade.

5) Proporcionar uma composição a mais adequada para avivar a hidraulicidade do cimento, vale dizer, elevar C3S ao máximo o que equivale a reduzir C2S ao mínimo, e consequentemente elevar a relação C3S/C2S ao máximo, relação esta que apresenta ainda melhor significado na avaliação ou cômputo da hidraulicidade.

6) Para poder assegurar a formação de C3S no mais alto grau, num meio de alta basicidade, ter-se-á de elevar o teor de ferro que, pela formação da fase líquida, terá a vantagem de, por um lado, absorver parte da magnésia e, por outro, concorrer favoravelmente para a complementação da formação do silicato tricálcico e consequente desaparecimento da cal livre, sem ter de recorrer a elevações excessivas de temperatura.

A magnésia ficaria obliterada em parte na massa amorfa ou vítrea que constitui a substância intersticial do clínquer, cuja formação é propiciada principalmente pelo ferro, e, por outra parte, pela textura microcristalina da alita, proporcionalmente ao conteúdo de silicato tricálcico, de modo que as medidas propugnadas em 5) e 6) concorrem concomitantemente para, debelando sua segregação sob a forma de periclase, tornar a magnésia hidraulicamente recôndita.

REFERÊNCIAS

[1] **M. A. Teixeira de Castro,** *Contribuição Experimental para o Estabelecimento de uma Especificação para Cimento Portland de Alta Resistência Inicial,* Terceira Reunião dos Laboratórios Nacionais de Ensaio de Materiais (Agosto 1940), São Paulo.

[2] 1952 Book of ASTM Standards, Part 3, 167-172.

[3] ABNT, Normas Brasileiras, (1953), 279-288.

[4] Ibid., 137-140.

[5] **J. W. Jeffery,** *Anais do Terceiro Simpósio Internacional de Química de Cimento,* Londres (1954).

[6] **M. von Euw,** *Silicates Indust.,* 23, 647 (1958).

[7] **S. Brunauer, L. E. Copeland, D. L. Kantro, C. H. Weise** e **E. G. Schulz,** ASTM Bulletin, 59, 1091 (1959).

[8] **A. Kalo,** Sement Gijtsu Nempo, 12, 17 (1958).

[9] **F. W. Lerch,** *Chemistry of Cement, Proceedings of the Fourth International Symposium,* Washington (1962).z

[10] **H. G. Midgley** e **K. E. Hetcher,** Trans. Brit. Ceram. Soc. (1963).

[11] **R. H. Bogue,** *Industr. Engineering Chem.* (Anal. Ed.), 1, 192 (1929).

[12] **F. M. Lea** e **T. W. Parker,** *Building Research Technical Paper n.º 16,* HMSO, London (1935).

[13] 1965 Book of ASTM Standards, Part 9, 157.

[14] **M. A. Teixeira de Castro,** *Insuficiência da Química no Estudo e Fabricação dos Produtos Silicatados Industriais, Terceiro Congresso Sul-americano de Química,* Rio de Janeiro e São Paulo (1937).

M. A. Teixeira de Castro
Alameda Apetubás 297
São Paulo 04058
Brasil

NOTICIÁRIO

EXCEPCIONAL CONCENTRAÇÃO DE MINÉRIO DE COBRE NO JAZIGO DE NEVES-CORVO

O chamado Programa de Aproveitamento Integrado das Pirites abrange, por enquanto, dois projectos mineiros (Aljustrel e Neves-Corvo) e pelo menos um projecto químico-metalúrgico (Sines), além de induzir a ampliação de indústrias transformadoras existentes, o lançamento de novas unidades fabris utilizadoras de matérias intermediárias originadas pelo Programa, e a criação de uma actividade exportadora, em escala apreciável, de produtos de que a Europa industrializada e a área mediterrânica carecem.

Os trabalhos de pesquisa e reconhecimento mineiro já realizados, e o interesse manifestado por grandes grupos internacionais (Shell/Billiton, Getty Oil, Phelps Dodge, Noranda, etc.) pela prospecção da faixa piritosa alentejana apontam para potencialidades que poderão vir a dar a todo este Projecto uma dimensão económica futura ainda mais ampla do que se pensava, quando se lançaram os primeiros estudos.

O cobre viabiliza Neves-Corvo

Foi entregue em 3-3-80 ao Ministro da Indústria um relatório sobre o estado de avanço dos trabalhos de pesquisa no jazigo de Neves-Corvo que contém igualmente uma proposta de calendário e um plano de desenvolvimento do projecto.

Segundo o referido relatório, as primeiras estimativas provisórias de reservas apontam para os seguintes resultados:

— 14 milhões de toneladas de minério cuprífero com 5,76 % de cobre e 29 gramas/tonelada de prata.

— 39 milhões de toneladas de minérios complexos com 1,05 % de cobre, 0,8 % de chumbo, 4,32 % de zinco e 52 gramas/tonelada de prata.

Além disso existem boas perspectivas de estes números aumentarem à medida que o reconhecimento da área mineira for prosseguindo.

Os autores do relatório afirmam que a viabilidade de exploração do jazigo parece estar hoje em dia razoavelmente assegurada graças à presença de minério de cobre, podendo-se, portanto, empreender o seu desenvolvimento com a máxima diligência e celeridade.

Em contrapartida, a exploração dos minérios complexos que constituem a reserva mais importante do jazigo de Neves-Corvo exige a aplicação e afinação de processos novos que ainda não foram testados à escala industrial.

Em conclusão, o relatório classifica o projecto de Neves-Corvo como «importante e difícil». O seu ponto forte reside na concentração excepcional dos minérios cupríferos, que deveriam assegurar o início da execução do projecto e permitir que a exploração dos minérios complexos prossiga rapidamente.

O relatório que temos vindo a citar foi elaborado pela Associação, que, em Maio de 1977 descobriu o jazigo Neves-Corvo. Constituem esta Associação, a EMMA — Empresa Mineira e Metalúrgica do Alentejo, EP, a Penarroya e a Serem.

A Penarroya é uma empresa francesa do grupo IMÉTAL («holding» mineiro do grupo Rotschild) que em 1979 facturou cerca de 38 milhões de contos e apresentou de lucros 1,9 milhões de contos. Esta empresa, iniciou as suas actividades em Espanha, daí o nome espanhol, exerce a sua actividade em vários países como a Itália, Brasil, Bélgica, EUA, etc.

O Serem é um organismo ligado ao Ministério da Indústria francês.

A Associação propõe um calendário de execução do projecto que classifica de «ambicioso, mas realizável, desde que os trabalhos de acesso ao jazigo comecem a partir do mês de Junho de 1980».

A segunda etapa prevista no calendário é Junho de 1982 para a realização do relatório sobre a viabilidade da exploração dos minérios cupríferos. Esse relatório permitirá a obtenção, junto de organismos bancários e financeiros, dos empréstimos necessários ao financiamento da primeira fase do projceto.

Seguir-se-ia em Julho de 1983, a elaboração estudo de viabilidade da segunda fase do projecto, ou seja a exploração dos minérios complexos. Para Julho de 1985 está previsto o arranque da mina e das instalações da lavaria de Corvo, com capacidade de tratamento de um milhão de toneladas de minério de cobre. Um ano depois começariam os fornecimentos (10 mil toneladas de metais) à fábrica metalúrgica a instalar em Sines.

Finalmente, para Julho de 1989 está marcada a ampliação da capacidade de produção de concentrados, susceptível de elevar para 60 mil toneladas de metal o contributo para a produção da fábrica metalúrgica.

Produção

As reservas de minério conhecidas até à data vão permitir as seguintes produções sob forma de concentrados ou de metal:

(Continua na pág. 284)

M
a "via"
mais rápida
no domínio dos
transportes
urbanos
METROPOLITANO DE LISBOA

PRODUTOS DE QUALIDADE

YTONG

- **BLOCOS**

  DENSIDADE - 0,5
  TOLERÂNCIA DIMENSIONAL - ± 1 mm
  RESISTÊNCIA (COMPRESSÃO) - 30 kg/cm²
  RESISTÊNCIA AO FOGO - SUPERIOR A 4 HORAS (A 240)
  MÓDULO ELASTECIDADE - 17.000 kg/cm²
  ISOLAMENTO TÉRMICO - $\lambda p = 0{,}15$ kcal/mh °C

- **COLAS**

  UTILIZAÇÃO - ALVENARIA YTONG E AZULEJOS
  RESISTÊNCIA (TRACÇÃO) ≥ SUPERIOR AO YTONG

- **PAVIMENTO ALIGEIRADO**

  VÃO MÁXIMO - 9,00 METROS
  CARGA MÁXIMA - 500 Kg/m²
  PESO - 10 A 30% INFERIOR AO TRADICIONAL
  ISOLAMENTO TÉRMICO - $\lambda p = 0{,}20$ kcal/mh °C
  RESISTÊNCIA AO FOGO - SUPERIOR A 2 HORAS (A 120)
  ACABAMENTO - IGUAL ÀS ALVENARIAS YTONG.

- **FORRAS TÉRMICAS**

  DENSIDADE - 0,4 E 0,5
  ESPESSURA - 7,5 cm
  ISOLAMENTO TÉRMICO - $\lambda p = 0{,}15$ kcal/mh °C

YTONG PORTUGUESA E. N. N.º 10 Km 17 Telefs: 201 99 06/7/8/9 COINA

N YT R. do Passeio Alegre, 840 Telef.: 68 04 64 PORTO

Alguns aspectos da energia nuclear de Röntgen ao PWR

RODRIGO DE ABREU
Assistente do I. S. T.

SUMÁRIO

Pretende-se fornecer elementos que proporcionem uma melhor compreensão dos processos físicos associados à energia nuclear (1).

ABSTRACT

This work aims to give some information about the basic physical phenomena associated with nuclear energy.

RÖNTGEN E OS RAIOS X

Pode dizer-se que a era da energia nuclear teve a sua origem em 8 de Novembro de 1895. Wilhelm Röntgen, Professor de Física na Universidade de Wurzboug, ao realizar experiências sobre a descarga eléctrica em gases rarefeitos observou uma emissão desconhecida a que chamou raios X.

Estes estudos interessavam os físicos, desde que em 1855 Heinrich Geissler inventou uma bomba de vácuo poderosa que permitia obter pressões de 10^{-2} atm e Julius Plücker, seu amigo, verificou que a estas baixas pressões uma diferença de potencial aplicada no interior de um tubo a baixa pressão, dava origem a uma corrente eléctrica, aparecendo no vidro do tubo atingido pela descarga uma luz esverdeada. William Crookes dedicou-se ao estudo, a partir de 1875, deste fenómeno e construiu um tubo que lhe permitiu fazer interessantes experiências, tubo que é conhecido por tubo de Crookes.

Röntgen tinha coberto um tubo de Crookes com um papel negro, para testar a sua opacidade e verificou na escuridão do quarto em que fazia a experiência, a fluorescência (2) proveniente de um ecran de platino — cianeto de bário, colocado num ponto afastado do tubo. O mais curioso é que os raios provenientes da descarga «não podiam» interagir com a placa que estava a emitir luz, devido à existência do papel negro que envolvia o tubo de Crookes (3). Então Röntgen desligou o tubo e a placa deixou de emitir; ligando novamente o tubo a placa voltou a emitir. Mas, levando a placa para uma sala adjacente esta continuava a emitir desde que o tubo estivesse ligado. Röntgen apercebendo-se do fenómeno relacionou-o com a fluorescência que se verifica, no vidro do tubo de Crookes atingido pelos raios catódicos, e admitiu que tivesse uma natureza análoga. Antes de Röntgen vários físicos tiveram contacto com fenómenos provocados pelos raios X sem que deles se apercebessem. Um deles Frederick Smith, um físico inglês, porque as placas fotográficas que se encontravam perto de um tubo de raios catódicos se estragavam, mandou um dos seus assistentes colocá-las longe!

Henri Becquerel (1852-1908) ao procurar reproduzir condições análogas provocando a fosforescência de determinadas substâncias por exposição à radiação solar iria descobrir a radioactividade natural.

RADIOACTIVIDADE NATURAL

Becquerel foi Prémio Nobel da Física (1903) pela sua descoberta da radioactividade natural e era filho e neto de homens que contribuiram para o conhecimento dos fenómenos da fosforescência e flurescência. Tinha à sua disposição conhecimentos técnicos e meios que lhe permitiram a identificação do novo fenómeno. Este, estava associado à fluorescência de certas substâncias e à emissão de raios X, mas tinha um novo carácter. De facto Becquerel pesquisava se a fluorescência (fosfores-

(1) Este texto foi utilizado numa Conferência integrada no Ciclo «Ensino da Física» organizado pelo Departamento de Física do I. S. T. para Professores do Ensino Secundário e dirigido pelo Prof. Rocha Trindade.

(2) A fluorescência é a emissão de luz quando uma substância é excitada por luz visível, ou luz invisível, como a luz ultra-violeta. Termina quando cessa a excitação. (A fosforescência é um fenómeno análogo, que persiste algum tempo, após ter cessado a excitação).

(3) Hoje sabe-se que os raios X são de facto radiação electromagnética como Röntgen tentou demonstrar por difração. O espectro é contínuo e devido à travagem dos electrões (raios catódicos) ao colidirem com um anteparo sólido (Bremsstrahlung).

Manuscrito recebido para publicação em 23/9/77.

cência) era acompanhada da emissão de raios X em diversas substâncias. Colocava-as à luz do sol em cima de uma placa fotográfica convenientemente resguardada da luz visível. Observava, conforme previa, o aparecimento da imagem do objecto constituído pela substância emissora, memo quando interpunha um vidro, entre este e a placa, o que afastava a hipótese de reacção química, provocada por átomos que se desprendendo da substância atingissem a placa.

Uma das explicações possíveis era a da que os raios X provenientes da substância afectassem a placa fotográfica.

No decurso destas experiências, observou que as placas eram impressionadas mesmo que a substância não fosse afectada pela luz solar excitadora. Emitiam portanto, por si próprias. Na comunicação à Academia das Ciências, em 2 de Março de 1896 Becquerel salientaria:

«Insistirei particularmente sobre o seguinte facto, que me parece muito importante e à parte dos fenómenos cuja observação podia esperar-se: as mesmas lamelas cristalinas, ao abrigo da excitação das radiações incidentes (sol) e mantidas na obscuridade, produzem ainda as mesmas impressões fotográficas: na quarta-feira, 26, e na quinta-feira, 27 de Fevereiro de 1896, o sol não se mostrou senão intermitente. Eu tinha conservado as experiências preparadas e posto os «châssis» na obscuridade, numa gaveta, deixando no lugar as lamelas do sal de urânio. Não se tendo mostrado o sol nos dias seguintes, revelei as placas fotográficas em 1 de Março. As silhuetas apareceram com grande intensidade».

Mesmo alguns compostos do urânio que não apresentavam fosforescência, apresentavam esta radiação própria. Becquerel mostrou ainda que não dependia do composto. Tão pouco a temperatura afectava a emissão. Tinha a propriedade de ionizar o ar e permanecia durante anos.

PIERRE E MARIE CURIE, O POLÓNIO E O RÁDIO

Pierre Curie e Marie Sklodowska mais tarde Madame Curie, trabalhavam com Becquerel.

Quando Becquerel convidou Marie Curie para trabalhar consigo houve curiosamente uma certa relutância da parte de Pierre, que achava que as mulheres atrapalhavam no laboratório, pois faziam muito barulho!

Mesmo assim chegaram à conclusão que a radiação desconhecida não era um privilégio do urânio, mas também o Tório a apresentava.

Da mesma forma que nos compostos do urânio a radiação era função da quantidade de Tório (os outros átomos permaneciam inactivos ou absorviam parte dela).

Nas pesquisas que prosseguiram, observaram que na pechblenda que contém 80 % de óxido de urânio a radiação era muito superior ao que seria de esperar da quantidade de urânio, o único elemento radioactivo conhecido, presente na pechblenda. Assim, admitem a hipótese da existência de um novo elemento radioactivo presente no minério.

Em 18 de Julho de 1898 apresentaram à Academia das Ciências a comunicação: «Acerca de uma substância nova radioactiva contida na pechblenda». Propõem que se chame Polónio a esta nova substância por Marie Curie ser Polaca. Procurando isolar o Polónio, acabaram por chegar à conclusão de que existiria ainda uma outra substância muito mais radioactiva, dado que parte das substâncias onde não estaria o Polónio devido à separação, se apresentavam com uma actividade por unidade de massa, 90 vezes superiores à do urânio. Propuseram o nome de Rádio para este novo elemento.

Em 1902 finalmente, depois de anos de trabalho extremamente duro, isolaram 0.1 g de cloreto de rádio e chegaram à conclusão que o rádio tinha uma actividade 10^6 vezes superior à do Urânio.

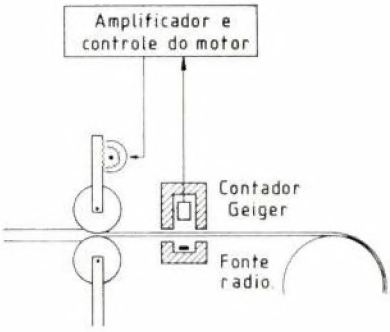
ERNEST RUTHERFORD E AS PARTÍCUAS α e β

Rutherford nasceu na Nova Zelândia em 1871 e aos 24 anos foi trabalhar com J. J. Thomson que em 1897, demonstrou, com experiências, serem os raios catódicos efectivamente electrões. Rutherford depois de trabalhar no Canadá e novamente em Inglaterra na Manchester University, sucedeu a Thomson, na direcção do laboratório Cavendish.

Em 1899, conclui que o urânio emitia pelo menos dois tipos de raios a que chamou raios α e β. A 9 de Abril de 1900 o francês Paul Villard observou que a emissão de rádio continha raios muito mais penetrantes que os raios β atribuindo-lhe o nome de raios γ.

A penetração dos três tipos de radiação definida como a espesura que reduz a intensidade do feixe a metade é, para o alumínio, a seguinte:

α 0.0005 cm
β 0.05
γ 8 cm



Uma das aplicações industriais da capacidade de penetração dos raios β é a de controlo da espessura em plástico ou metal que estão a ser produzidos em folha por compressão de dois cilindros e seguidamente enrolada; à saída dos cilindros compressores e de um dos lados da folha coloca-se uma fonte de partículas e do outro lado e em oposição coloca-se um contador Geiger que pode assim enviar um sinal a outro dos blocos do sistema de controlo informando-o da espessura da folha, poi o número de partculas que atingem o contador depende desta espessura.

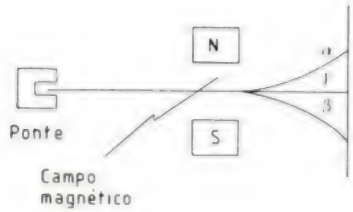
O Hélio tinha sido descoberto no sol em 1858 por espectroscopia. Esse mesmo elemento é descoberto num gás presente no mineral de urânio e em 1902 J. J. Thomson descobre-o nas lamas termais. Em 1903 Sir William Ramsey e Frederick Soddy descobriram hélio num brometo de rádio.

Rutherford numa série de experiências mostra que a partícula α é um núcleo de Hélio, a partir da emanação de rádio, o Radon (Rn) descoberto por Pierre Curie e André Debierne em 1901, e que se tinha revelado fonte poderosa de partículas α.

PROBLEMAS ENERGÉTICOS NAS TRANSFORMAÇÕES RADIOACTIVAS

Os raios β foram identificados como sendo electrões.

Usa-se para o efeito (a identificação de partículas carregadas), as acções de campos eléctrico e magnético que desviam a trajectória rectilínea de certas partículas quando em movimento livre. Os raios X e γ são luz invisível de muito pequeno comprimento de onda, e por não serem carregadas não sofrem desvio devido a estes campos ([1]).



As partículas α são, como já afirmamos, núcleos de Hélio cada um com dois protões e dois neutrões agrupados.

A emissão destas partículas levantou problemas energéticos e químicos: Se estas partículas saíam dos átomos, deveriam diminuir a sua massa e retirar-lhes energia; e os elementos diminuídos em protões e electrões deveriam sofrer alterações de natureza química.

Foi notado em 1903 que uma amostra de rádio produzia uma grande quantidade de energia e que esta produção permanecia durante anos. Parecia uma fonte de energia inesgotável e contrariava os conhecimentos da Física de então, parecendo contrariar a conservação da energia.

Em 1907, Rutherford apresentou a teoria da transformação radioactiva que explica as transformações de elementos radioactivos em outros elementos, por emissão de partículas, teoria que é uma generalização do problema dos dois corpos radioactivos em filiação, devida a Maria Curie. Estes elementos constituem verdadeiras famílias; assim, existe entre outras a família do Urânio:

O então chamado Urânio I transformou-se no Urânio X_1 que por sua vez se transformou em Urânio X_2, e este em Urânio II, entrando depois nos elementos chamados Rádio com vários símbolos diferenciadores: Rádio A, Rádio B etc.

O Urânio I, a título de exemplo, é o Urânio 238 (mais adiante sublinharemos o significado do n.° 238). Este emite partículas α e vai-se transformando em Tório 234 (que era o chamado Urânio X_1) que por sua vez emite partículas β e raios γ. De notar que a transformação de um elemento radioactivo no que se segue demora um tempo variável. Por exemplo o Urânio I, demora 4.51×10^9 anos a que metade da amostra se transforme em Urânio X_1. Este por sua vez demora 24,1 dias a transformar metade da sua quantidade em Urânio X_2.

É um dado a considerar no problema dos detritos radioactivos, produto da cisão nuclear.

OS ISÓTOPOS

Em 1911, Rutherford criou o modelo atómico planetário. Era constituído por um núcleo, análogo ao sol, girando à sua volta electrões. Bohr em 1913 corrigiu este modelo, mas a ideia anterior permanece.

No núcleo existia uma carga positiva $Z(-q_e)$ onde Z é o n.° de protões e $(-q_e)$ é a carga de um protão. As cargas que existem no núcleo são devidas aos protões que têm carga eléctrica igual à do electrão mas são de sinal contrário. Assim estava assegurada a neutralidade eléctrica do átomo. As propriedades dos diversos elementos estão relacionadas com o n.° de electrões dos seus átomos. Verificou-se que um núcleo, emitindo uma partícula α, ficava reduzido em 4 unidades de massa do protão e perdia $2(-q_e)$ de carga; o átomo perdia os dois electrões que ficavam «a mais» nas órbitras e mudava de propriedades isto é, passava a ser outro elemento químico.

Uma análise semelhante era feita para a emissão β. (De notar que a partícula β é emitida pelo núcleo).

Estes mecanismos permitiram a Soddy (1877-1956) determinar os lugares dos elementos radioactivos na chamada tabela periódica de elementos.

A tabela periódica de elementos é uma ordenação dos elementos de acordo com as suas propriedades. Ora verificava-se que havia elementos radioactivos que tinham propriedades químicas iguais, diferindo em determinadas propriedades físicas; por exemplo o Urânio II tinha propriedades químicas iguais à do elemento Urânio, identificado em 1789. Quando o Urânio II era misturado ao Urânio, não era possível separá-los por processos químicos.

A solução deste problema foi dada por Soddy que admitiu que os elementos eram constituídos por misturas compostas por partes quimicamente iguais mas com propriedades físicas diferentes: eram os isótopos: iso (igual) topos (lugar) i.e, igual lugar na tabela periódica.

— Como o comportamento químico está ligado ao n.° de electrões (e à sua distribuição em torno do núcleo), e como este n.° é igual ao n.° de protões do nú-

([1]) É pouco provável que durante os primeiros trabalhos experimentais se determinasse a diferença entre a partícula α e β desta maneira.

cleo, n.º que vamos chamar Z — n.º atómico, a diferença entre os isótopos estava na massa do núcleo, a que associamos A — n.º de massa.

Assim teremos para o Hidrogénio:

$$_1H^1 \quad e \quad _1H^2$$

O expoente superior direito é o número de massa e o inferior esquerdo o n.º atómico.

$$_Z\text{Elemento}^A$$

Para o Urânio teremos os seguintes isótopos naturais:

$$_{92}U^{234}, \; _{92}U^{235} \; e \; _{92}U^{238}$$

A abundância dos diversos isótopos na natureza distribui-se da seguinte forma:

$_{92}U^{234}$ — 0.0006 %
$_{92}U^{235}$ — 0.720 %
$_{92}U^{238}$ — 99.274 %

O NEUTRÃO

A incidência de partículas α sobre núcleos de nitrogénio, levaram à descoberta da transmutação artificial (1919).

Detectou-se que a incidência das partículas sobre os núcleos de nitrogénio, dava origem a outras partículas, que eram núcleos de Hidrogénio ou protões.

Admitiram-se, para explicar este fenómeno, duas hipóteses:

1.ª) O núcleo do elemento atingido pela partícula α perde um protão devido à colisão.

2.ª) o núcleo absorve a partícula α, formando um novo núcleo emitindo depois um protão.

A experiência mostrou que a 2.ª hipótese era a correcta.

O processo de desintegração pode ser representado pela seguinte equação:

$$\underset{\text{partículas}}{_2He^4} + \underset{\text{nitrogénio}}{_7N^{14}} \longrightarrow \underset{\text{oxigénio}}{_8O^{17}} + \underset{\text{protão}}{_1H^1}$$

Vemos assim que o nitrogénio deu origem a oxigénio. O nome transmutação artificial significa que esta mutação se deu de uma forma artificial, pois na natureza, ao contrário do que acontece com os elementos radioactivos que se vão transformando uns nos outros (dentro de cada família), aqui o fenómeno só se dá por haver a incidência de uma partícula α sobre o núcleo do nitrogénio; é evidente que este é um fenómeno tão natural como qualquer outro. Só que nas condições terrestres não é vulgar o nitrogénio estar na presença de uma fonte de partículas α. Esta situação pouco habitual deu-se, quando o nitrogénio foi colocado na presença de bismuto 214 por Rutherford [1].

Em 1920 Rutherford sugeriu que um protão deveria estar associado a um electrão no núcleo constituindo uma partícula a que chamou neutrão. A dificuldade na verificação experimental da existência desta partícula devia-se à sua não existência «natural», no sentido a que há pouco nos referimos, e ao facto de não ter carga eléctrica, o que impedia a utilização dos métodos já desenvolvidos da interacção de partículas carregadas com campos eléctrico e magnético. As partículas que não interagiam, tinham o carácter da luz como os raios X ou γ (radiação quântica).

Só em 1932 foi confirmada a sua existência, por James Chadwick.

Tinha-se observado que o resultado da colisão de átomos de diversos elementos com radiação que se admitia ter uma natureza análoga à dos raios γ (fotões de elevada energia), não satisfazia às previsões teóricas; ou a teoria estava errada, ou a interpretação dos factos experimentais teria que ser alterada; assim foi. Chadwick propõe que as partículas sem carga, eram os neutrões de Rutherford.

Assim, por exemplo, quando uma partícula α atingia um átomo de Berílio dava origem a carbono 12 mais um neutrão

$$_2He^4 + _4Be^9 \rightarrow _6C^{12} + _0n^1$$

Utilizando as leis da conservação da física foi possível demonstrar pelos dados da experiência que de facto era um neutrão, i. e, a associação de um electrão com um protão [2].

O desenvolvimento da física dos neutrões levaria à cisão nuclear.

ENERGIA NUCEAR

O que é?

A energia nuclear, como o nome indica é a energia que está associada ao núcleo dos átomos.

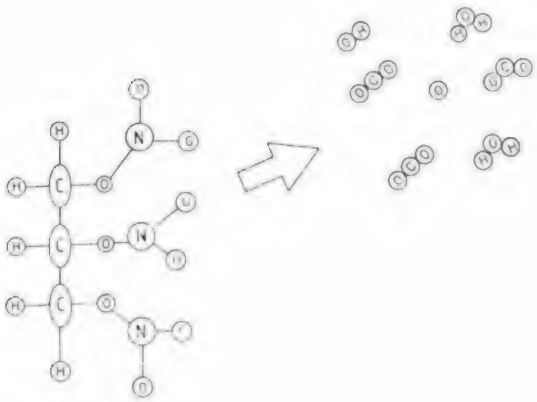
Nos átomos podemos considerar dois blocos de energia que podem ser utilizados. Um é o associado à energia de ligação dos electrões aos núcleos e que por rearranjo entre átomos ou moléculas dá origem à alteração do equilíbrio termodinâmico entre a região da reacção e o ambiente, possibilitando a transferência de energia ao exterior (ambiente).

---

(1) O bismuto 214 é o RaC^1 na tabela I.
(2) NATURE, February 27, 1932.

Por exemplo:

A nitroglicerina explode conforme o esquema:



Ora os produtos da explosão da nitroglicerina têm uma temperatura (e pressão) diferentes do estado inicial e daí a tendência a transmitir essa energia ao exterior, à vizinhança geométrica da reacção. A esta energia associada às ligações entre arranjos de átomos, dá-se o nome de energia química.

O outro dos blocos é o da energia entre os nucleões (partículas do núcleo — p. ex.: protões e neutrões). Se esta estrutura for alterada poderá aqui novamente haver um balanço energético tal, que haja tendência a haver uma troca energética com o exterior à região onde se está a dar a reacção nuclear.

De facto há reacções que para se darem necessitam de energia do exterior (são as chamadas endoenergéticas) e outras que cedem energia ao exterior (exoenergéticas). Um exemplo de uma reacção exoenergética é o da explosão de nitroglicerina.

Um dos interessantes aspectos da energia do núcleo está no facto de que o valor absorvido ou cedido por núcleo é o da ordem de 10^6 vezes superior ao absorvido ou cedido por átomo numa reacção química.

De acordo com a teoria de Einstein, existe associado à massa, um equivalente em energia expresso pela célebre fórmula:

$$E = m \times c^2$$

Onde E é a energia associada à massa m e c é a velocidade da luz no vácuo, constante universal. (1).

A CONTABILIDADE DA ENERGIA NUCLEAR

Consideremos o hidrogénio pesado (deutério), constituído por um protão, um neutrão e um electrão.

Utilizando como padrão o Carbono 12 temos que a unidade de massa atómica é $^1/_{12}$ da massa do átomo do carbono 12.

De acordo com a teoria da relatividade de Einstein temos que a massa em relação a um dado referencial é função da velocidade dessa massa:

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Onde m_o é a chamada massa no referencial próprio e v a velocidade da massa medida em relação ao referencial que se está a considerar.

massa em repouso de um protão	— 1.007276	u.m.a
massa em repouso de um neutrão	— 1.008665	u.m.a
massa em repouso de um electrão	— 0.000549	u.m.a
Total	2.016490	u.m.a
massa em repouso do deutério	— 2.014102	u.m.a
Diferença da massa	0.002388	u.m.a

Por outro lado, um átomo grama de C^{12} tem 12 g de massa e 6.02×10^{23} átomos. Logo a massa de um átomo de C^{12} será

$$\frac{12\ g}{6.02 \times 10^{23}} = 2 \times 10^{-23}\ g$$

Assim

$$1\ u.m.a = \frac{1}{12} \times 2 \times 10^{-23} \times 10^{-3}\ Kg = 1.66 \times 10^{-27}\ Kg$$

Esta massa tem uma energia

$$E = m\ c^2$$

$$E = 1.66 \times 10^{-27}\ Kg \times (3 \times 10^8\ ms^{-1})^2$$

$$E = 14.9 \times 10^{-11}\ J$$

Como

$$1\ e\ v = 1.6 \times 10^{-19}\ J$$

$$E = 931\ Mev$$

Assim a diferença de massa entre o deutério em repouso e a soma das massas dos seus constituintes tem um equivalente energético

$$E = m\ c^2 = 0.002388 \times 931\ Mev = 2.22\ Mev$$

Na reacção

$$_0n^1 + {}_1H^1 \rightarrow {}_1H^2 + \gamma$$

o neutrão encontra o protão com uma dada velocidade em relação ao referencial do laboratório e o deutério tem uma dada velocidade neste referencial.

(1) A. Einstein, A inércia de um corpo será dependente do seu conteúdo Energético?, Ann. d. Phys. 17 (1905). Ver textos fundamentais da Física Moderna, I volume, O Princípio da Relatividade, Fundação Calouste Gulbenkian.

Numa situação experimental particular pode-se escrever a conservação da energia [1] na forma:

E_{cin} ($_0n^1$) + E_{eq} (massa do neutrão em repouso)

+ E_{cin} ($_1H^1$) + E_{eq} (massa do protão em repouso)

= E_{cin} ($_1H^2$) + E_{eq} (massa do deutério em repouso)

+ E_{cin} (γ)

(E_{eq} — Energia equivalente)

$\Delta E_{cin} + \Delta E_{eq} = - E_{cin} (\gamma)$

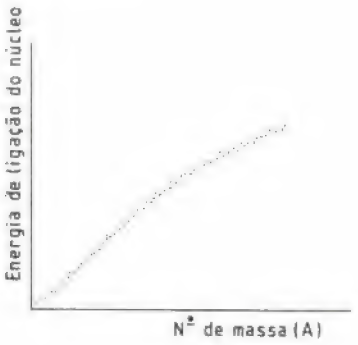
Para $\Delta E_{cin} \ll \Delta E_{eq}$

$\Delta E_q \simeq - E_{cin} (\gamma) = 2.22$ Mev

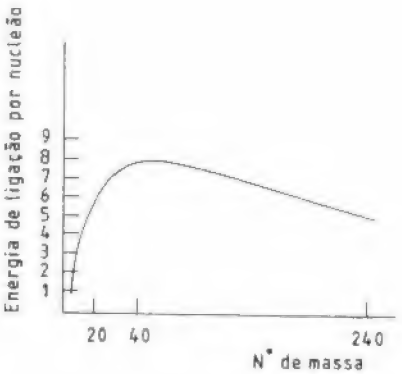
De facto experimentalmente encontra-se 2.22 Mev para a energia do fotão [2].

A CISÃO E FUSÃO NUCLEAR

Verifica-se experimentalmente que a energia de ligação nuclear para os diversos elementos é crescente com o número de massa (A)



O facto de o crescimento não ser linear leva a que o gráfico da energia de ligação por nucleão tenha a seguinte forma.



Assim para o C^{12} que tem uma energia de ligação de 92.1 Mev a energia de ligação por nucleão é $\frac{91,1}{12} =$ = 7.68 Mev.

Este facto, permite-nos estabelecer o seguinte:

— Se os produtos de uma reacção nuclear tiverem uma energia de ligação superior à dos reagentes então libertar-se-á energia do sistema. Isto porque se a energia de ligação dos produtos é superior, então houve conversão [3] de massa que aparece na forma da energia cinética dos produtos (aumento de temperatura). Logo, haverá cedência de calor ao exterior. Por outras palavras, podemos afirmar que se liberta energia quando os produtos da reacção têm uma energia de ligação média por partícula superior à energia de ligação por partícula dos reagentes.

Deste modo, há dois processos de obter energia em reacções nucleares:

1) A cisão de um núcleo pesado em fragmentos mais leves. (Cisão ou fissão nuclear).
2) A junção de núcleos leves em núcleos mais pesados (fusão nuclear).

REACÇÃO EM CADEIA

A cisão nuclear surgiu como um resultado não esperando do trabalho experimental desenvolvido para a verificação da hipótese formulada por Fermi de que poderiam ser obtidos elementos de N.º de massa e N.º atómico superiores ao Urânio se este reagisse com neutrões. De facto verificou-se que tal se dava, mas também se dava o que não era esperado: a cisão do Urânio em elementos de massa intermédia com uma consequente libertação de energia do núcleo. Neste trabalho salientaram-se os Joliot e Marie Curie, Otto Hahn e Fritz Strassmann, e Otto Frisch, genro de Niels Bohr.

Lisa Meitner, assistente de Hahn, fugiu da Alemanha e transmitiu os conhecimentos aí adquiridos, a Bohr que os apresentou em 1939 à sociedade americana de física.

Em 1939 F. Joliot apresenta à Academia das Ciências a prova da fissão do Urânio.

Chega-se à conclusão de que a fissão do Urânio é acompanhada da emissão de neutrões (em número médio entre 2 e 3 neutrões). Assim prevê-se a possibilidade de realizar uma reacção em cadeia o que provocará uma explosão extremamente violenta se o n.º de cisões for muito grande.

A NOÇÃO DE MODERADOR

A energia dos neutrões que provoca a fissão do $_{92}U^{235}$ e do $_{94}Pu^{239}$ é qualquer, mesmo valores muito pequenos. Já o Urânio 238 só sofre cisão se bombardeado com neutrões de 1 Mev ou mais.

---

(1) $mc^2 \simeq m_o c^2 + \frac{1}{2} m_o v^2 => mc^2 \simeq m_o c^2$.

(2) Um dos primeiros testes da relação $E=mc^2$ verificou-se no balanço massa-energia da reacção $_1H^1 + {}_3Li^7 \rightarrow He^4 + {}_2He^4$.

(3) De massa própria.

A energia dos neutrões emitidos durante a fissão está compreendida entre 0.01 Mev e 20 Mev com um valor médio de 2 Mev.

É importante notar que a secção eficaz da reacção da fissão é função da velocidade dos neutrões, verificando-se que reduzindo a velocidade dos neutrões rápidos se aumenta a probabilidade de colisão, para o caso do U 235.

É também importante salientar que a probabilidade de colisão (da fissão) é maior no Urânio 235 do que no U 238. Por isso utiliza-se a introdução no seio do material físsil de substâncias chamadas moderadores por moderarem a velocidade dos neutrões. Para Urânio natural (com a percentagem de U 235 que se encontra na natureza) o moderador utilizado é a água pesada, pois verifica-se que ao contrário do que acontece na água natural, a probabilidade da absorção do neutrão pelo deutério, é extremamente pequena.

Utilizando Urânio natural enriquecido em U 235 (o enriquecimento varia entre 1 % a 5 %) já é possível utilizar como moderador a água natural. Tanto a água pesada como o enriquecimento do Urânio são aspectos de grande importância económica e tecnológica.

A VIDA MÉDIA

Um dos termos utilizados frequentemente quando se fala dos detritos radioactivos é o de vida média.

Um átomo de um elemento radioactivo ao desintegrar-se, emitindo por exemplo partículas α ou β transforma-se noutros átomos que por sua vez poderão ser também radioactivos e sofrerem desintegrações.

Consideremos N átomos de um elemento radioactivo. A probabilidade de um determinado átomo se desintegrar num dado instante é independente das desintegrações dos outros átomos. Assim, chamando I à taxa de desintegrações na unidade de tempo teremos:

$$I = \frac{dN}{dt} = -KN$$

onde k é uma constante chamada constante de desintegração. Teremos assim a seguinte solução:

$$N = N_o \exp(-kt)$$

$$I = -k\, N_o \exp(-kt) = I_o \exp(-k)$$

$$\ln I/I_o = -kt$$

A VIDA MÉDIA $t_{1/2}$ de um isótopo radioactivo é o tempo necessário para que I/I_o seja igual a 1/2 isto é para que a actividade se reduza a metade do valor inicial.

Por exemplo: a constante de desintegração do Rádio 226 é $k = 1.36 \times 10^{-11}\ seg^{-1}$. Assim, teremos para a vida média do rádio 226,

$$kt_{1/2} = -\ln 1/2 = 0.693.$$

$$t_{1/2} = 5.10 \times 10^{10}\ seg$$ aproximadamente 1620 anos.

O CURIE

O Curie é definido como a quantidade de qualquer espécie radioactiva, que tem uma actividade de 3.7×10^{10} des/seg.

Mas,

$$k = \frac{0.693}{t_{1/2}}$$

Assim,

$$I = \frac{0.693\ N}{t_{1/2}}\ des/seg$$

Como num Mole há $N_A = 6.023 \times 10^{23}$ átomos teremos para uma massa M de uma espécie radioactiva de massa atómica A

$$I = \frac{(0.693)\ (6.023 \times 10^{23}) \times M}{At_{1/2}}\ des/seg$$

Logo teremos que para a massa M, o número de Curies será:

$$\text{N.° de Curies} = \frac{I}{3.7 \times 10^{10}\ des/seg/Curie} =$$

Assim a massa correspondente a Curie de uma dada espécie radioactiva de massa atómica A, será

$$\text{Massa por Curie} = \frac{At_{1/2}}{1.13 \times 10^{13}}$$ em que a massa se exprime em grama e o tempo em segundo.

Como exemplo tomamos o Rádio 226 cuja Vida Média é como já vimos de 1620 anos.

$$\text{Massa por Curie } (Ra^{226}) = \frac{226 \times 1620 \times 365 \times 24 \times 3600}{1{,}13 \times 10^{13}} = 1\ g$$

Utiliza-se também desde 1976 o Becquerel (bq), sendo

$$37 \times 10^9 bq = 1\ Curie$$

A MASSA CRÍTICA

Como já anteriormente vimos a cisão de um núcleo dá origem à emissão de outros neutrões que servirão de projécteis para novas cisões. É evidente que o número de cisões depende de diversos factores, como por exemplo o número de núcleos cindíveis presentes no combustível nuclear. Um outro factor é o da forma do material onde se dão as cisões; assim, se este tiver a forma de folha, os neutrões que são emitidos à superfície, e dirigidos para o exterior da folha, perder-se-ão; se com a mesma massa se considerar uma geometria esférica, o número de cisões será superior.

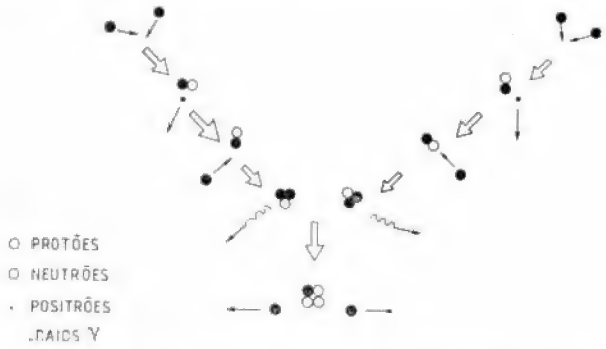
A massa a partir da qual é possível obter uma reacção em cadeia chama-se massa crítica. Esta varia com a densidade, a forma e o material considerado. Por exemplo para uma esfera compacta do mineral a 2 % de urânio é de 140 toneladas e para o metal, é de 50 Kg

para o Urânio 235 e de 16 Kg para o Plutónio 239. Pode-se utilizando reflectores de neutrões diminuir esta massa; assim, para o Pu 239 basta uma massa de 4 Kg fortemente comprimida se dispuserem à sua volta um reflector de Berilio.

O CICLO DE BETHE

Em 1938, o Dr. Hans Bethe desenvolveu uma teoria que permitiu explicar os processos energéticos que têm lugar no Sol. Já em 1920 Arthur Eddington sugeriu a fusão do Hidrogénio como possível mecanismo de se produzirem as quantidades de energia fabulosas e de longa duração (à nossa escala) características do Sol.

Hans Bethe considerou a fusão de quatro protões dando origem a um núcleo de Hélio. Esta fusão pode dar-se pelo encontro simultâneo dos quatro protões ou então por fases, conforme esquematicamente se mostra:



O ritmo da reacção depende da densidade de núcleos e da temperatura. Para que se dê a fusão é necessário que os protões tenham energia cinética suficiente para romper a força de repulsão devido às cargas de mesmo sinal. A temperatura do Sol é estimada entre 10 e 20 milhões de graus Celcius o que equivale a KT = 1700 eV (K é a constante de Boltzmann). Este valor é muito baixo para reacções nucleares; assim o ritmo das fusões é pouco elevado em relação à situação da explosão e por isso o Sol não esgota rapidamente o combustível hidrogénio embora por segundo necessite de converter em energia cerca de um milhão de toneladas de massa. Esta quantidade é muito pequena em relação à massa do Sol e por isso, por unidade de massa, a quantidade de energia produzida é pequena comparada com sistemas físicos em que, por unidade de massa, produzem mais energia e fazem parte das nossas experiências «próximas» — por exemplo, a combustão de 1 Kg de gasolina.

(A temperatura do Sol anteriormente indicada refere-se ao interior).

AS BOMBAS A E H

A bomba A (deveria ser designada Bomba N) utiliza o processo de cisão anteriormente descrito. Nas Bombas Atómicas utilizam-se o urânio 235 e o plutónio 239.

Se for ultrapassada a massa crítica desenvolve-se uma explosão extremamente rápida e violenta. Para aumentar a eficiência desta explosão é conveniente manter o material cindível num estado sobre-crítico durante o maior tempo possível para que «queime» o máximo possível; utiliza-se o método da implosão, que consiste em envolver uma massa sub-crítica de um explosivo, estando o conjunto numa cavidade muito sólida. A explosão «clássica» provoca a concentração do material cindível que tornando-se sobre crítico explode. (É um método análogo que tem merecido estudos e experiências para se conseguir a fusão por Laser).

A Bomba de hidrogénio, também chamada Termonuclear baseia-se na fusão de núcleos de hidrogénio pesado (Deutério) e Hidrogénio super-pesado (Trício). Para despoletar a fusão faz-se explodir inicialmente uma Bomba A que irradia um envólucro de Litio 6 que explode dando origem a uma nuvem de átomos de Tritio; o envólucro de Litio é efectivamente constituído por um deutereto de litio e assim, simultaneamente com a nuvem de Tritio, surge uma outra de Deutério necessária à fusão. Envolve-se ainda todo este sistema com Urânio 238 que atingido pelos neutrões resultantes da Fusão, neutrões de elevada energia, irá originar a fissão do Urânio sendo de salientar que contrariamente ao que ocorre nas Bombas de fissão a quantidade de Urânio é aqui muito superior à quantidade de Urânio utilizável na Bomba A. A esta Bomba de fissão-fusão-fissão chama-se Bomba U. A Bomba H é habitualmente a designação que se atribui a uma bomba de fissão-fusão (ff)!

A MEGATONELADA

Utiliza-se para unidade de energia produzida pela explosão de uma Bomba Termonuclear a energia equivalente a um milhão de toneladas de T.N.T. igual a 4×10^{22} erg.

AS CENTRAIS NUCLEARES

Uma Central Nuclear é constituída, como as Centrais Clássicas, por um reactor (caldeira), turbina e gerador. O combustível nas nucleares, é por exemplo, o Dióxido de Urânio.

Os reactores são classificados de diversas maneiras. Hoje em dia os reactores comercializados utilizam a fissão com Neutrões que foram moderados e são chamados Reactores Térmicos (Thermal Reactors). Como já foi salientado a energia dos neutrões é da ordem de 2 Mev; por colisão com os átomos do moderador esta energia é reduzida para 0.025 eV. Três moderadores típicos são a água natural, a água pesada e o grafite. Existem ainda os Reactores Rápidos dado que os neutrões não são moderados, ou muito pouco moderados. Estes reactores estão numa fase de estudo (a França é um dos países mais «avançados» nestes reactores), particularmente no que diz respeito à segurança!

O combustível sob a forma de pastilhas é introduzido em bainhas metálicas; estas contactam com o Fluido

Refrigerante, meio de transporte da energia térmica que se irá transformar em energia mecânica nas turbinas do gerador e posteriormente em energia eléctrica.

ALGUNS TIPOS DE REACTORES

Os primeiros Reactores a serem desenvolvidos foram os reactores UNGG — Urânio Natural, Gás, Grafite, respectivamente o combustível, o refrigerante (CO_2), e o moderador.

Os Reactores americanos Light-Water Reactor (LWR) e High Temperature-Gas Cooled Reactor (HTGR), são outros reactores típicos. Os LWR utilizam água natural quer como moderador quer como refrigerante e são reactores térmicos. Há dois tipos de LWR, o Pressurized Water Reactor (PWR) e o Boiling Water Reactor (BWR). O HTGR utiliza como moderador o Hélio e é um Reactor Transformador (Converter Reactor).

O BWR

Este reactor utiliza geralmente como combustível o dióxido de Urânio enriquecido entre 2.5 a 3.2 % de U^{235}. O fluido refrigerante que é a água, entra em ebulição, atingindo a pressão de 1000 psi e 546 F. Como esta água é exposta à radioactividade do coração do reactor, torna-se necessário blindar os circuitos de vapor até à turbina.

O PWR

Este reactor utiliza dois circuitos de água chamados primário e secundário. A água do circuito primário circula exclusivamente na cuba do reactor trocando a energia térmica por intermédio de um permutador de calor para a água do circuito secundário. A água do circuito primário atinge 610 F e 2250 psi não entrando portanto em ebulição. Não se torna necessário blindar o circuito de água secundário.

O HTGR

Este reactor utiliza como combustível uma mistura constituída por 5 % de U^{235}, 95 % de Th^{232} e menos de 1 % de U^{238}.

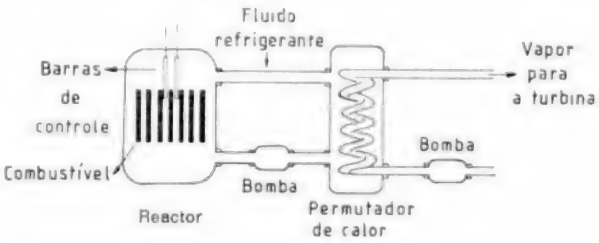
Os isótopos que são físseis por neutrões termalizados são classificados de físseis (cindíveis). Isótopos que por acção de neutrões são convertidos em isótopos físseis, são chamados férteis. É o caso do Th^{232} que é convertido em U^{233} que é físsil, e não existe na natureza.

$$_{90}Th^{232} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{92}U^{233} + 2\,{}_{-1}e^0$$

Este processo permite a utilização do Th^{232}.

OS REACTORES REPRODUTORES

São designados de Breeder nos EUA e Surregenerateur em França. O seu nome deriva da possibilidade destes reactores produzirem mais combustível físsil do que consomem. Um exemplo de reactor reprodutor é o HTGR que é um reactor térmico. Baseiam-se os reprodutores na transformação de isótopos férteis em físseis. Uma destas possibilidades é a da utilização da transformação do U^{238} em Pu^{239} que é físsil. O ciclo do Urânio, assim chamado, utiliza reactores rápidos enquanto o do Tório utiliza um Reactor térmico.



					90-234 Ux1 245d	92-238 UI 4.5×10^9a
					91-234 Ux2 11m	
		82-214 Ra B 27m	24-218 Ra A 3m	86-222 Rn 3.8d	88-226 Ra 1.590a	90-230 Io 8.3×10^4a	92-234 UII 2.7×10^5a
	81-210 Ra C' 13m	83-214 Ra C 20m				
	82-210 RaD 22a	84-214 Ra C 10^{-4}s				
	83-210 Ra E 50d					
82-206 Pb Estável	84-210 Po 137d					

DESINTEGRAÇÃO ALFA

DESINTEGRAÇÃO BETA

TABELA I

REFERÊNCIAS

[1] **G. Gamow**, *Biografia da Física*, Zahar Editores, 1963.

[2] **A. Hammond, W. Metz, T. Maugh II**, American Association for the Advancement of Science, 1973, Washington, DC, EUA.

[3] **M. Shepard, J. Chaddock, F. Cocks, C. Harmon**, *Introduction to Energy Technology*, Ann Arbor Science, 1976.

[4] **Pierre Pizon**, *O Átomo e a História*, Afrontamento.

[5] *The Project Physics Course*, Published by Holt, Rinchart and Winston, Inc. New York, Toronto.

[6] **W. Cecil Dampier**, *História da Ciência*, Inquérito.

[7] **Niels Bohr**, *Sobre a Constituição dos Átomos e Moléculas*, Fundação Calouste Gulbenkian.

[8] **Ralph E. Lapp**, *Roads to Discovery (Power from the Stars)*, 1960.

[9] **F. M. Moreira Serra, M. A. Rei Vilar**, *Aproveitamento da Energia Nuclear*, «Técnica», Revista de Engenharia, n.º 434, págs. 273 a 280.

NOTICIÁRIO

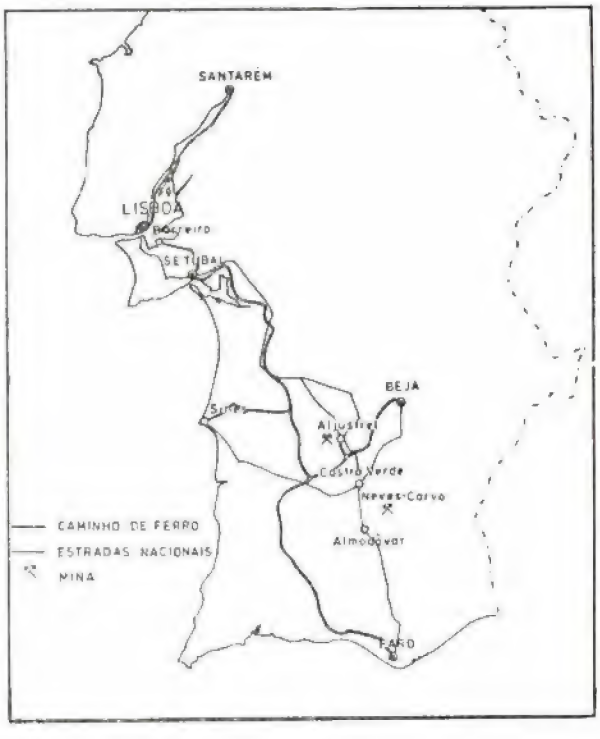
(Continuação da pág. 274)

QUADRO I

TONELADAS POR ANO

PRODUTOS / PERÍODOS	COBRE	ZINCO	PRATA	CHUMBO
1986 a 1989 ...	47 800	7 100	20	—
1989 a 2000 ...	57 000	43 200	44	4 200
2000 a 2015 ...	14 400	68 200	56	8 400
TOTAIS ...	1 milhão	1,6 milhões	1 100	180 000

VALOR TOTAL = 4,24 biliões de dólares (preços de 1980)



Investimentos

O total dos investimentos necessários para as duas primeiras fases entre os anos de 1980 e 1989 ascenderá, em números redondos, a 600 milhões de dólares correntes supando uma inflação média de 8 % ao ano.

Rentabilidade

As receitas de venda previstas para o projecto são de perto de 100 milhões de dólares anuais de 1986 a 1989, 160 milhões de dólares anuais de 1990 a 1999, e 140 milhões de 1999 a 2015 (estes valores foram calculados em moeda constante de 1980).

No cálculo da rentabilidade intrínseca do projecto assumiram-se as hipóteses seguintes:

— a totalidade do financiamento ser efectuado sem recurso a empréstimos;

— dada a sua localização (distrito de Beja e região de Sines) e o seu carácter estratégico, considerou-se que o projecto beneficia do regime fiscal mais favorável reservado às indústrias prioritárias (isenção por 10 anos, seguida de redução a 50 % durante os 5 anos seguintes, da contribuição industrial, impostos, taxas locais e sobretaxas, e imposto complementar).

— O Estado recebe os «royalties» previstos no acordo de 6 de Junho de 1972 que o liga à Associação.

A taxa de rentabilidade interna assim estimada para o conjunto do projecto é de 18 % em relação a 30 anos, correspondendo a taxas de 21 % para os minérios cupríferos e 13,8 % para a exploração dos minérios complexos.

Para poder avançar com o projecto a Associação pretende dispor rapidamente dos títulos mineiros correspondentes ao conjunto do jazigo, e, portanto, que a sua transformação em Sociedade de Exploração seja realizada.

É intenção do Ministério da Indústria avançar com rapidez neste projecto, prevendo-se que as negociações para a constituição da sociedade e concessão dos títulos mineiros se desenrolem em Março e Abril de forma a que seja respeitada a pretensão da Associação de arrancar em Junho com os trabalhos de acesso ao jazigo.

Na sociedade a constituir, o Estado participará com 51 % por intermédio da empresa pública EMMA.

(Continua na pág. 299)

(Informação do «Expresso», de 8-3-80)

The teaching of mathematics and physics to engineers and scientists-the present U. K. position (*)

R. T. SEVERN
(Prof. Civil Eng., Univ. of Bristol)

1. INTRODUCTION

Like the English language, the U. K. educational system is rich in its variety, a fact which can make it difficult to comprehend. As examples, we can point to independent and state-financed secondary (11-18 years) schools running in parallel, to universities and polytechnics both offering degrees at nominally the same level, and to a Scottish schools examination system which is centralised, whereas in England, Wales and Northern Ireland there are nine independent Examination Boards for schools examinations at 16+ and 18+.

This papel will therefore first of all explain the U. K. educational system, and then discuss current thoughts and problems associated with the teaching of mathematics and physics at school and university.

A glossary of terms used is given as Appendix 3.

2. THE U. K. EDUCATIONAL SYSTEM (EXCLUDING SCOTLAND)

2.1 Secondary Schools

During the past ten years there has been a major change in the organisation of education which affects the ability to maintain standards of teaching in mathematics and physics. Whilst the wholly independent (**) schools have continued, and with added strength, that very important group of schools which were partly fee-paying and partly state-aided have been transformed into «comprehensive» schools wholly state-supported, capable of dealing with children over a wide range of ability. These schools are necessarily large in size, capable of taking between 1000-2000 pupils.

The former selective (at age 11) system of secondary education brought together the more academically able children with the more academically qualified teachers. Studies have shown (Ref. 1) that of the 215,000 teachers in secondary education, only about 40,000 (say 20%) were competent to teach to the «Advanced» and «Special» levels which are required for university entry. Until the re-organisation, this 20% of teachers were employed in a small number of schools containing some 27% of secondary schoolchildren.

The arithmetic of the new situation is easily done. With approximately 4 million pupils, and schools each having 2000 pupils, 2000 schools are required. To teach, and provide continuity in, each of the major subjects, 20 very able teachers are required in each school, which gives a national total of 40 000, which is the number estimated to be available. But there are grave misgivings about a school having as many as 2000 pupils, in regard to its capacity to function as an educational unit, and many think that 1000 is an upper limit.

It is when this last figure is accepted that the serious problem emerges. To double the number of academically competent teachers, from 40 000 to 80 000, is virtually impossible, even if finance were available. Indeed, the pattern of employment of properly qualified university graduates in languages, physics and mathematics shows that a lower proportion are entering the school-teaching profession than heretofore, so that the existing 40 000 is more likely to decrease than increase.

For our present purposes the previous few paragraphs were essentially about the number of university graduates in mathematics and physics returning to teach these subjects in schools. It is, however, not simply a question of numbers only, but the fact that the majority return directly to schools without any experience of the use of their subject in practical terms. Particularly for engineering, this is a most important point. The failure to maintain the standard of secondary education would lead to a situation where a preliminary year would be required at university before starting the three-year course in engineering.

(*) Comunicação apresentada ao Colóquio sobre o Ensino da Matemática e da Física para Cientistas e Engenheiros, realizado durante o II Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada, em 25 de Outubro de 1979.

(**) Many belonging to the category called «Public Echools», indicating their original function.

2.2 Schools Examination Boards

In many European countries (and in Turkey to my knowledge) the syllabus for each subject is set down by the State education authority, and all children of the same age take the same examination. This must generally lead to a very simple selection system for university entrance!

In the English system, schools' examinations at 16+ and 18+ are set by nine different, independent, Boards of Examiners. Their historical association is almost always with a single university (e.g. Cambridge, London) or with a group of universities. For example, the Southern Universities Joint Board is associated with Bristol, Southampton, Reading, Bath and Exeter. The «association» referred to here is very loose, consisting of the assistance of university teachers in the determination of syllabuses and the control of standards in examinations.

The Boards set examinations at 16+ and 18+. These two sets of examinations are referred to as the General Certificate of Education at Ordinary-level (O), and Advanced-level (A), respectively. «Special» papers are also set at a level higher than A-level. Individual schools are at liberty to choose the Board whose examinations its pupils take, which allows of the possibility that the same pupil may take examinations from different Boards. A fee is payable for each examination taken.

In science subjects, the basic nature of the material required at O-level leaves little room for difference between the syllabuses followed by different Boards. But at A-level the picture is entirely different. In mathematics particularly, there is not only the split between pure and applied mathematics, but also between «traditional» and «modern» conceptions of both. As an illustration, we can say that traditional applied mathematics would certainly include mechanics, but the modern subject would incline rather towards statistics, in place of mechanics. The rationale here being that mathematics is now a subject to be studied at school by those intending further studies in the life sciences and social sciences, and for them, statistics is of greater value than mechanics.

Unfortunately, a particular school is not able to offer all the available options, even if all the children had made irrevocable decisions about their future careers at the age of 16 or 17, and it is therefore highly likely that in any first-year group of engineering students there will be a wide range of competence in different branches of mathematics.

We can also note that mechanics is also a component of some physics syllabuses. The need for agreement on «core» syllabuses, to be used nationally, is therefore most important, and this will be discussed later.

Before leaving O and A level examinations, we should note that for pupils too weak to take O-levels, there is a Certificate of Secondary Education (C. S. E.), which is not the responsibility of the Examining Boards referred to here. The C. S. E. examinations may be set and assessed in several ways, one of which (Mode III) is completely within the single school. Standards can therefore be very variable.

2.3 The Schools Council

Its full title is the «Schools Council for the Curriculum and Examinations», sponsored by Government, with a majority membership of school teachers appointed by the teachers' unions.

No doubt the existencce of nine Examination Boards appears anarchic to any Government, and the first major aim of the Schools Council is to achieve a common standard between the Boards. One way in which it attempts to do this is by «advice» to Boards that adjustments should be made to examination results to produce the same number of candidates each year passing an examination at a certain grade. There is clearly a lot of sense in this, but it does over-ride some of the more subtle features of the system. Because the number of candidates taking these examinations increased greatly following the schools re-organisation mentioned in 2.1, and continues to increase, the number of candidates obtaining the higher grades also increased. Many university teachers believe that this policy has produced a fall in absolute standards in physics and mathematics, and have taken steps to cope with it (see 4.3).

With regard to the Curriculum, the Schools Council have proposed radical changes to the 16+ and 18+ examinations, replacing the O and A-levels by N and F-levels. This important proposal is dealt with in 4.2.

2.4 Universities

The universities of Oxford, Cambridge and Durham were added to around 1850-80 by a number of «civic» universities, which are now well-established and of high standard. These civic universities were originally sponsored by wealthy citizens of the cities with which they are now strongly integrated. A third phase of university creation has occurred during the last twenty years in order to cope with the demands for university education. Some of these new universities were entirely new creations, sited in campus conditions (e.g. Keele, Kent), but many were upgraded Colleges of Advanced Technology (Aston, Bath, Surrey), sometimes moved to new sites.

The system for entry to universities is as follows. A school candidate completes a form stating the universities of his choice in order of preference, with the subject(s) to be taken. The form is sent to the Universities Central Council for Admissions (UCCA), which administers the whole process, acting as a link, and saving both candidates and universities a great deal of correspondence. From the evidence presented on the form, which at this stage is usually O-level results and a school report, and often a personal interview, a university may offer a place unconditionally, or

conditionally, based on academic performance at A-level.

It is this last feature of the entry system which leads to a crude ranking order of U. K. universities. The most prestigious attract good applicants and demand high A-level performance, whilst at the lower end there are universities which have difficulty in filling their places. There is no direction of students to particular universities. In the middle and lower parts of the spectrum of talent there appear to be attractions to the local university, but this is not true at the upper end.

The significance of this entry system to the teaching of mathematics and physics is firstly that in any freshmen group there will be students who have studied different syllabuses at school (see 4.3), making it difficult to find a suitable common starting point for the university curriculum. Secondly, between a university at the top of the spectrum and one at the botton, there will be an appreciable difference in the academic ability of the students.

By pointing to the fact that these two universities will give roughly the same number of degrees in different categories over a period of years, it has been argued by some that this substantial difference in academic ability is somehow lost during the university period. This would be surprising. It is more likely that teaching standards in universities, like schools, are adjusted automatically to the level which students can absorb. By their present actions, this is clearly the view of both Industry and the Professional Engineering Institutions.

2.5 Standing Conference On University Entrance (S. C. U. E.)

The Universities themselves are as interested as the Schools Council in the curricula followed at school. As previously noted, individual university teachers are actively involved in the different Examination Boards, but since S. C. U. E. is a body supported by the Committee of Vice-Chancellors and Principals, and consists of nominees from each university, it has an important coordinating rôle to play. It is particularly involved currently in getting agreement on «core» syllabuses in physics and mathematics (Refs. 2 and 3). These will be discussed in detail later. We can note here that this activity has until recently been regarded as a task only for physicists and mathematicians; engineers, doctors and other 'user' professions are now involved, the present author being a member of the S. C. U. E. physics panel.

Polytechnics

About twenty were created some ten years ago, based upon existing Colleges of Advanced Technology and Technical Colleges. Whereas Universities are funded only indirectly by Government, through the University Grants Committee (which has a majority of academics), and are autonomous, self-governing institutions, Polytechnics are funded and controlled directly by Local Government.

From their technology base, polytechnics have developed into organisations very like universities in their academic interests. Their ability to award degrees is controlled by the Council for National Academic Awards (C. N. A. A.), and this is given subject. In engineering the scrutiny of standards is severe, and there is certainly an overlap in quality of degree between the lowest university level and the highest polytechnic level. A similar comment can be made about the standard of student intake.

2.6 The Scottish Educational System

In Scotland the syllabus for each school subject is decided centrally, with university teachers playing a part in the process. «Lower» examinations are taken at 16, and «Highers» one year later. Entry to Scottish universities is normally at 17, on the basis of the «Higher» results, which normally includes six subjects, and the degree course lasts for four years.

In recent years a new examination has been instituted in Scottish schools which is taken at 18, and since it is of approximately the standard of the English A-level, it is now easier for Scottish pupils to enter English universities. In general, few Scottish pupils attend English universities, but there is a greater flow in the opposite direction, particularly to the prestigious universities of Glasgow and Edinburgh.

4. CURRENT PROBLEMS

4.1 Proposals for a common examination at 16+

The present system has been described. O-levels are taken by the academically brighter children. Since these are set and assessed by the nine Examination Boards, they are universally regarded as a valuable guide to a pupil's competence. C. S. E. examinations are taken by the less gifted pupils, and since they are very often set and marked by the individual school, it is hard to attach confidence to them.

The proposal for a common examination comes from the Schools Council, and it is difficult to see how its implementation could result in anything other than a lowering of the O-level to the C. S. E. level. This is feared particularly for mathematics and physics, since these are two subjects in which there is probably the widest range of ability in pupils.

Any lowering of standards at 16 will have its effects carried forward, through the examinations at 18, to the university degree, and to maintain present standards in this will then require a 4-year course.

4.2 Proposals for N and F level examinations at 18+

The conditions imposed for university entry require the pupil to concentrate on three A-level subjects, and this may be regarded as unduly narrowing. A pro-

posal for broadening has been made by the Schools Council, which would allow the pupil to study 3 subjects at Normal (N) level, being defined as equal to one-half an A-level standard, and 2 subjects at the Further (F) level, which is definel as equal to three--quarters of an A-level.

At first sight this might appear as a good proposal, especially for pupils hoping to become engineers or scientists, since it postpones specialisation for two years. However, most university departments of engineering and physics specify A-level in mathematics and physics, with one other A-level chosen from a wide range (*). It would certainly not be possible to prepare a pupil for university entrance in the time allotted to an F-level, the consequence being that a combination of N and F would be required in both mathematics and physics, leaving only one N-level for a third subject. Thus, the practical needs of the subject, and the constraint of a three-year university course, make the N-F scheme more narrow, not less.

The same point can be made somewhat differently by the following illustration. At present a pupil with good A-level grades in mathematics, physics and chemistry is eligible for degree courses in these three subjects and engineering. If the same pupil had F--levels in physics and chemistry, with N-levels in mathematics and two other subjects, he would probably be admitted to a degree course in chemistry, but in no other subject.

The Need for a «Core» Syllabus in School Mathematics

The present, rather confused position must be considered first.

A reasonably bright pupil will take the O-level in mathematics at 15+, and will then take a course called Additional Mathematics, which will include algebra, coordinate geometry and trigonometry, and the early parts of calculus, mechanics and statistics. The examination in this would be taken at 16+. Thus far, the syllabuses of all 9 Boards would be substantially the same.

At A-level there is a considerable element of choice in the mathematics syllabus followed. In fact, it has been estimated that there are more than 50 different syllabuses in A-level mathematics. This rather alarming total arises from three main causes. First, there are 9 different Boards; second, there is the choice between «traditional» and «modern» mathematics, together wich a compromise between the two; third, all Boards provide for mathematics to be taken as either one or two A-level subjects. The most common way of organising the double mathematics material is to follow the single subject mathematics, containing pure and applied by Further Mathematics, containing more advanced pure and applied. Since an alternative to this is to split the material «vertically» into pure and applied, it is easy to see how 50 different syllabuses can be formed.

In addition to the different syllabuses, it must be observed that in some universities, where a specific entry standard in mathematics is not demanded, the same class may contain students with A-level results ranging from a E-grade (**) in single mathematics to perhaps two B-grades in the double subject. Universities handle this situation in one of four ways. Firstly, they start from the lowest common level. Secondly (e.g. Southampton), the course is modular and self--paced. Thirdly (e.g. Cambridge), a statement of requirements is sent to accepted students, together with recommended reading and specimen problems. Fourthly, a multiple-choice question paper is set to students on the first day, on the results of which the student is required to take extra courses in his deficiencies. This was the system used at Bristol until 1978, when it was found that so many students required the remedial courses that the first method, of starting at a common level, was introduced. Deficiencies in mechanics were particularly marked, largely, it is thought, due to many schools switching from «traditional» to «modern» mathematics, and from traditional physics to «Nuffield» physics. These newer courses may well have mechanics included in their syllabuses, but the emphasis is on concepts, rather than the acquisition and retention of manipulative skills. In Bristol, the deficiencies in mechanics are now taken up in the structures and hydraulics courses, rather than in mathematics.

At this point it will be useful to refer to another major difference within U. K. universities in the responsibility for teaching mathematics to engineers and scientists, because this affects the ease with which adaptations can take place. In the majority of cases it is done by lecturers from the mathematics department; in a few, by lecturers who are primarily engineers or scientists; and in some, by mathematicians who actually belong to engineering/science departments. The present writer considers the last option to be the best, since the day-to-day contact between those who are primarily mathematicians and those who are primarily engineers is a very fruitful process in both teaching and research. A few universities now offer degree courses in «Engineering Mathematics», alongside the conventional engineering degrees.

5. A CORE SYLLABUS IN SCHOOL MATHEMATICS

Since early in 1977, the S. C. U. E. have worked to this end, producing a wide measure of agreement on the content of such a core, as well as a firm statement that whatever material is taught, pupils should be well versed in it. Great emphasis has been placed on the development of manipulative skills and «analytical stamina». What is meant by this last phrase is the ability to carry a mathematical argument for more

(*) In fact, for the majority of engineering students this third A-level is either Chemistry or Further Mathematics.
(**) A-levels are graded A, B, C, D, e E and fail.

than the two or three lines which seems to be the limit of many students.

Bearing in mind that relatively few pupils studying mathematics intend to become mathematicians, stress is placed on the applicability of mathematics, and the inclusion of mathematical modelling in many fields. Mechanics is recognised as a most fruitful source of models for those inclined towards the physical sciences or engineering, whereas linear algebra and statistics would better suit biologists and social scientists. To meet this real difference of need, whilst still retaining the principle of a common core, it is suggested that two options be allowed, so that the complete scheme would be

Core (60%)	maths for engineers/physicists (40%)
	maths for biologists/social Scientists (40%)

The most natural topics for inclusion in the one would be further mechanims, and in the other linear algebra and probability.

It is felt strongly that the core part must include elementary probability and mechanics for their general educational value. As the main report (Ref. 2) puts it

> «... no one should go through life without a chance to appreciate the unification of algebra and geometry through the work of Descartes, or the fact that a large part of classical mechanics can be expressed by Newton's law in the form of a simple differential equation.»

Attention is drawn to the simple, but important, point about notation and symbols. Because there is no common practice between the Examination Boards, this can be a real source of difficulty for many students in the early part of their university career.

The mathematics core syllabus is given in Appendix 1. Explanatory notes may be obtained from the author.

Finally, it must be said that the position is still fluid, and the long implementation process of the core syllabus by the Examination Boards has not been started. This has been largely due to uncertainty over the introduction of the N/F system. However, our new Government have shown a distinct antipathy towards the N/F system in recent weeks, and its abandonment may not be far off.

The Need for a Core Syllabus in School Physics

Although Physics does not occupy the central position of mathematics, a good A-level grade in physics is also an entry requirement to the great majority of engineering courses in U. K. universities. For medicine this is similarly true of physics, but mathematics is not a requirement.

Although the nine Examination Boards operate in physics as in mathematics, there would not appear to be the same range of variation. This may be true, but it could simply be that physics has not been subjected to the same scrutiny as mathematics by university teachers because they do not have to build upon the school syllabuses to the same extent.

In addition to physics, most Boards offer physical science and physical science (Nuffield) as separate subjects; both are dilutions of physics as normally understood, and may be better preparations for many degree courses, but not for physics itself, or engineering. Physical Science is an amalgam of physics and chemistry, whereas physical science (Nuffield) is «... a study of the structure and properties of matter, one of the most central and important themes of modern science». It is especially interesting because its syllabus has been agreed by all nine Boards, and administered by one of them (Cambridge). This is, therefore, a core syllabus ready-made, but it is not, unfortunately, acceptable as such. In covering a very large range of topics, it is inclined to the superficial, with a descriptive rather than numerical approach.

Engineering Science is an A-level course which should be noted here. Such courses have been developed by a number of Boards as alternatives to physics for engineering students. Care has taken to involve university engineers in constructing the syllabus, but until it is accepted by university departments of physics, chemistry, medicine, etc., the numbers taking it will remain small. In general, U. K. school teachers have little idea of the true nature of professional engineering, and have small enthusiasm for it. An additional feature militating against engineering science is that the cost of proper facilities for project work is beyong the means of most schools.

A Core Syllabus in School Physics

The schedule proposed by S. C. U. E. is given in Appendix 2. It is set out in four main sections, on Mechanics, Waves, Electricity and Magnetism and Matter. The report (Ref. 3) does not indicate any joint discussion with the S. C. U. E. Committee responsible for Ref. 2, so that the overlap in mechanics is expected. And just as the mathematics core syllabus was drawn up almost entirely by mathematicians, the physics core was drawn up by physicists. Happily, it has been realised that professional engineers, doctors, etc., will have useful contributions to make in constructing a core syllabus, and in physics this is now being done.

The core syllabus indicates the time in weeks required by each section, totalling to 27-30, and including time for practical work. The present A-level occupies about 50 weeks (of about seven or eight 40-minute periods), which means that the proposed core constitutes about 60% of an A-level. As with the mathematics core, there is therefore room for the addition or enlargement of material appropriate to the intended career of the pupil.

It is particularly important in both physics and mathematics that the examination should be structured to test the complete core material.

University Teaching of Mathematics

The standard U. K. degree course lasts for 3 years. In recent times it has become the view of the majority of university engineers that it should be extended to 4 years, with the same total engineering science content only slightly increased, if at all, and the additional time devoted to «project» work in direct association with Industry, where this is possible, together with studies in languages and the social sciences.

Mathematics is taught as a distinct subject in all universities to the end of the second year, and in a few for all three years. These few generally coincide with those (e.g. Bristol) in which the teaching of mathematics is in the hands of members of an Engineering Faculty, who are nevertheless mathematicians, rather than mathematicians from a Science Faculty. A summary of the Bristol syllabuses are given in Appendix 4. It will be seen that there is an appreciable choice in the third year. It must also be remembered that the borderline between what is mathematics, and what is engineering, does become a subjective matter as the course progresses, and what is regarded as mathematics by one university will be regarded, for example, as structural and fluid dynamics by another. Even the «lowly» subject of surveying contains a need for quite advanced mathematics when distances and angles are being optimally adjusted.

Computing is a subject which will here be regarded as part of mathematics. It is taught in most universities during the first two years, with an efficiency which depends again on whether students are taught by engineers with real experience of computer programming applied to engineering problems, or by computer scientists to a large class made up of students in many disciplines. With regard to access to computers, U. K. students are at present extremely fortunate, the limitation being imposed only by the time which they wish to devote to it. The provision of computers for teaching purposes is in the hands of the Universities' Computer Board, which receives money from Government and decides how it should be spent amongst the universities. Its general policy is the creation of networks between groups of universities. In broad terms, about 10% of the budget of a typical university is taken up in providing computing facilities. This is mostly for teaching, since the Science Research Council (which covers Engineering) not only has its own national network of computers, but also provides individual computers for specific projects.

University Teaching of Physics

Only in the Scottish universities, with students entering at 17, and in a few other universities, is physics taught as a distinct discipline. On the other hand, and especially in those which have retained an appreciable common content between the various branches of engineering in the first year of the degree course, subjects will be found such as Materials Science, Thermodynamics, Electricity and Strength of Materials, which occur in earlier studies of Physics. Because of the wide choice of physics and mathematics syllabuses at A-level, and consequent absence of any common level of attainment, university teachers in such subjects do find it necessary to reiterate the basic principles of physics.

The Professional Institutions

The Institutions of Civil Engineers, Mechanical Engineers, and Electrical Engineers are the three largest and most influential. Through their Royal Charters they are empowered to control standards of entry and professional conduct of their members, which includes standards of education and training. This unique feature of the U. K. engineering profession, particularly the absence of Government, is most important.

The link between the Institutions and universities is generally one of mutual trust. The Institutions accept the degrees of universities as part fulfillment of their entry requirements, adding further examinations of their own. In recent years all 3 major Institutions have made extensive reviews of their education and training policies in the general direction of increasing standards.

In understanding the U. K. system, it is important to note that training of engineers is not considered to be the function of universities. This is wholly correct in view of the way our universities are constructed. Training follows education, being carried out in Industry by professional engineers. In civil engineering, for example, training schemes are registered with the Institution of Civil Engineers by employers. Thus, although graduation occurs at 21, full professional status is not achieved until 25 at the carliest, and 27 on average.

The Finniston Committee of Enquiry into the Engineering Profession

This is a Government sponsored committee which includes education and training in its wide brief. It is due to present its report in November 1979, and one of its recommendations is likely to be an extension of the engineering degree course from 3 to 4 years for the top 25% of students, together with validation of the quality of degree courses by some official body.

REFERENCES

[1] *Some problems in education which are relevant to the training of engineers.* Engineering Professors' Conference: Working Party A, Feb. 1978 2, Little Smith Street, London SWIP 3DL.

[2] *A university view on a possible minimal core for A-level mathematics.* (SCUE Syllabus studies No. 3,

October 1977 29, Tavistock Square, London WCIH 9EZ).

[3] *A university view on a possible minimal core syllabus for sixth form physics.* (SCUE Syllabus studies No. 4, December 1977 29, Tavistock Square, London WCIH 9EZ).

[4] *The mathematical education of engineers at school and university. (by T. J. Heard, Dept. of Engineering Science, Univ. of Durham, December 1978).*

[5] *The mathematical needs of A-level physics students.* (Royal Society/Institute of Physics report, Institute of Physics, 47, Belgrave Square, London SWIX 8QX).

APPENDIX 1

S. C. U. E. CORE SYLLABUS IN MATHEMATICS

Algebra

Algebraic operations and manipulation of formulae.

Polynomials and their factors. Rational functions.

Partial fractions.

Quadratic equations in one unknown, including solution by completing square.

Arithmetical and geometric progressions and sums to n terms $\sum$ notation.

Sum to infinity of geometric series.

Mathematical induction.

Binomial theorem for positive integral exponent.

Simple algebraic inequalities and their manipulation.

Simple algebraic inequations and their interpretation (or solution).

Indices, exponents and logarithms.

Complex numbers.

Geometry and trigonometry

Names and properties of common shapes.

Cartesian coordinates and coordinate geometry.

Special curves and equations in standard cartesian form.

Parametric coordinates.

Geometrical definition of the six trigonometric functions with simple application.

Circular measure, $s = r\theta$, $A = \frac{1}{2} r^2\theta$.

Polar coordinates.

Definition of the six trigonometric functions for any angle.

Manipulation of trigonometric functions and understanding of their periodic properties.

Inverse trigonometrical functions.

Use of the standard formulae for $\sin(A \pm B)$, $\cos(A \pm B)$, $\tan(A \pm B)$, $\sin A \pm \sin B$, etc.

Trigonometrical identities including expression of $a \cos\theta + b \sin\theta$ in form $r \cos(\theta \pm \alpha)$.

Simple trigonometrical equations.

The approximations $\tan x \simeq \sin x \simeq x$, $\cos x \simeq 1 - \frac{x^2}{2}$

Calculus

Idea of limit and definition of derivative as a limit.

Relationship to geometrical idea of tangent as limit of chord.

Differentiation of standard functions.

Differentiation of sum, product, quotient of functions, and of a composition of functions.

Logarithmic differentiation.

Differentiation of functions defined implicity parametrically or as inverses.

Use of derivatives to estimate small variations and obtain approximations. Connected rates of change.

Applications to gradients, tangents and normals, points of inflexion, maxima and minima.

Curve sketching, including familiarity with graphs of standard functions.

Integration as the inverse of differentiation.

Integration of standard functions.

Integration of sums and differences and by parts and by substitution.

Definite integrals with fixed or variable limits.

The idea of *area under a curve* as the limited of sums of areas of rectangles.

The expression for area under a curve as a definite integral.

The idea of a differential equation.

Linear algebra

Vectors in two dimensions.

Definition of matrices and the algebraic operations on them.

Matrix notation for simultaneous linear equations in two unknowns.

Matrix notation for linear transformation of plane.

Calculus and applications

Applications of integration to estimation of volume, weighted means, mass centres.

Numerical integration by trapezoidal rule and Simpson's rule.

Approximate solution of equations.

Kinematics and dynamics

Kinematics on line and in plane.

Position and displacement vectors defined parametrically.

Differentiation and integration with respect to parameters.

Velocity, acceleration; momentum.

Force, mass, weight.

Vector form of Newton's law for a particle of constant mass.

Simple cases of Newton's law for particles on a line expressed as a differential equation.

Projectiles.

Conservation of momentum.

Kinetic and potential energy.

Probability

Probabilities P (A), P (B) over a finite set of events, A, B, ...

Compound events.

Sums of probabilities.

Joint probabilities over two or more distinct sets of events.

Dependence and independence.

APPENDIX 2

S. C. U. E. CORE SYLLABUS IN PHYSICS

1. Mechanics (5 weeks)

Use of dimensions to check units and homogeneity of equations.

Composition and resolution of coplanar vectors.

Equilibrium of coplanar forces, centre of gravity, couples.

Uniform acceleration. Newton's laws of motion.

Conservation of energy and linear momentum.

Work, power, kinetic and potential energy, relationship between force-distance and potential energy-distance curves in one dimension, $F = -dV/dx$.

Uniform motion in a circle; angular velocity, the gravitational constant: circular orbits of planets and satellites, gravitational potential, escape velocity.

Simple harmonic motion with simple examples (simple pendulum and mass-spring system), understanding of $d^2x/dt^2 = -\omega^2 x$ and $x = a \sin \omega t$.

Resonance, including the effects of damping: qualitative understanding illustrated by simple experiment.

2. *Waves* (5 or 6 weeks)

Amplitude, frequency, wavelength, velocity, phase; longitudinal and transverse: apply to various examples of wave motion, including e.m. waves and sound.

Superposition, interference, two slit system (quantitatively), the air wedge, Newton's rings.

Stationary waves in air columns, use of resonance tube and sonometer.

Reflection, refraction, Snell's law, simple lens formula, magnifying glass, microscope and refracting telescope — simple theory with single lens objectives and eyepieces.

The electromagnetic spectrum, Stefan's law, spectral distribution of a source of radiation (qualitative idea only), line spectra.

3. Electricity & Magnetism (8-9 weeks)

Charge, current, potential difference (ohmic and non-ohmic), resistivity, ionic conduction, electrolysis, the Faraday.

Energy and power in d.c. circuits, e.m.f., source resistance.

Simple series and parallel circuits, Kirchhoff's laws. Simple potentiometer for variable p.d. and to measure p.d. and compare resistances. Wheatstone bridge.

Inverse square law fields, G for gravity, $1/4\pi\varepsilon_0$ for electricity. Concepts of field and potential for both electricity and gravity (experimental determination of G and ε_0 not required).

Capacitors — storage of charge. Energy stored; exponential decay and time constant for C-R circuit.

Force on a current carrying conductor in a magnetic field, measurement of B (any method), moving coil meters, simple d.c. motor.

Experimentally based treatment of magnetic effects of electric current including long straight wire, long solenoid and electromagnet.

Laws of electromagnetic induction, self inductance, transformer, dynamo.

Alternating currents, r.m.s. energy and power for resistive loads. Use of diode for rectification (half-wave only).

4. Matter (9-10 weeks)

Kinetic theory of gases — qualitative appreciation of basic ideas including basic assumptions and some experimental evidence. Quantitative understanding of relations between macroscopic properties (pressure, temperature, volume, density) in terms of simplest model using elementary mechanics and rudimentary statistics. Numbers of molecules, Avogadro's law and kinetic energy.

Qualitative knowledge of differences between gas, liquid and solid structures and between crystalline, amorphous and polymer forms of solids (no treatment of x-ray diffraction). Appreciation of relationship between Avogadro constant: atomic spacing, atomic mass, density.

Elastic and plastic behaviour, stress and strain. Young's modulus, including experimental determination.

Thermal equilibrium and temperature. Idea of a scale of temperature and some practical thermometry (liquid-in-glass, resistance, thermocouples). Use of kinetic theory ideal gas to define absolute temperature

NOTE — Items in italic require O-level treatment only.

scale. Conservation of energy and energy conversions *including experimental work on measurement of specific heat capacity and specilic latent heat.*

Identification and measurement of basic unit of charge — Millikan's experiment. Electric current as flow of charged particules — $j = nevA$. Deflection of electron streams in vacuum in electric and magnetic fields; measurement of e/m and v. The C.R.O. and basic uses. Radioactivity, its nature treated experimentally leading to simple properties of α, β and γ radiation. Simple theory of random decay leading to exponential decay law treated experimentally and mathematically.
Simple model of nuclear atom (qualitative only). Optical line spectra treated experimentally — evidence for energy levels.

Photoelectric effect treated experimentally, its explanation in quantum terms, introducing the Planck constant. Brief descriptive treatment of wave-particle duality for models of light.

The nucleus and its properties (proton, neutron and properties of atomic number and atomic mass).

APPENDIX 3

GLASSARY OF TERMS

1 **Department of Education and Science (D. E. S.)**

Government Department responsible for universities, polytechnics and schools.

(N. B. Specific reference to «science» after «education» is significant).

2. **School Council** (For Curriculum and Examinations)

Body created in 1964, made up of D. E. S. appointees plus a majority of school-teachers, appointed by teachers' unions. Policies often regarded as politically left-of-centre. As well as curriculum development, it aims to coordinate standards of 10 Schools Examination Boards. Coats £3 p.a. from public funds. Important recent work has been promulgation of new examination structures for schools at 16+ (to replace O-levels and CSE), and 18+ (to replace A-levels).

3. **Schools Examination Boards**

10 independent Boards distributed throughout U. K. Nearly always associated with a university, or group of universities, but not part of universities. Responsible, with schools' representatives, for determining curricula, setting and marking examinations. Individual schools may take examinations from any Board.

4. **University Grants Committee (U. G. C.)**

Body through which total Government (i.e. D.E.S.) funding is distributed to 43 universities. Membership has majority of academics, with Treasury advisers.

Distribution of funds to individual universities based partly on precedent, partly on student numbers.

5. **Universities**

Autonomous bodies, funded largely by U. G. C., but receiving appreciable research funding from the 5 Research Councils and Industry. Considerable variation in prestige and quality between the 43 universities.

6. **Polytechnics** 21 of them, created c 1970.

Controlled by Local Education Authorities. Teach to degree standard validated by the Council for National Academic Awards (C. N. A. A.). Academic standards generally inferior to universities, but with some overlap.

7. **Secondary Schools** (11-18 years)

Re-organisation started c. 1970; still not complete. Main change being conversion of old (some dating from the 15th century) Grammar School to Comprehensive Schools. Financially independent schools continue to flourish and increase, and to provide the very best education. Standard achieved by a Comprehensive School depends on social/economic standing of its catchment area; some are excellent.

8. **General Certificate, Ordinarly-Level Examinations (G. C. E. O-level)***

Taken generally at 16+, but may be taken earlier. Sponsored by the Examinations Boards. Normally, 8 or 9 subjects taken at one sitting, but possible to accumulate many more over period of time.

9. **Certificate of Secondary Education (C. S. E.)***

Lower standard than O-level; taken at the same age. Highest grade pass in C. S. E. equivalent to lowest grade O-level pass.

10. **General Certificate, Advanced-Level Examinations (G. C. E. A-level)***

Taken generally at 18+. Usually 3 main subjects (but may be more, or less) with «General Studies». Sponsored by the Examinations Boards. Examiners are

(*) There are some important differences in the Scottish system, being essentially to do with a broader education at school, earlier entry to university, and a 4-year university course.

often university lecturers. Passes graded as A, B, C, D or E. Used by Universities as main assessment for entry, the best of which require 3 A-grades.

11. N-F Examination System

G. C. E. A-level system thought by some to be educationally narrow, since only 3 subjects studied in depth from 16-18.

Schools Council suggested replacement by study of 5 subjects, 3 to be taken at Normal (N) level and 2 at Further (F) level. N-level to be equivalent to one-half A-level and F-level to three-quarters of an A-level.

Alternative suggestion of 4 Intermediate (I) levels also made, and favoured (see text) by many engineers/physicists. Each I-level being equivalent to three-quarters of an A-level.

Recent developments indicate that N-F change has lost favour.

12. Universities Central Council For Admissions (U. C. C. A.)

The body which coordinates entrance to universities (but not polytechnics). The intending student applies to U. C. C. A. with his preferences, but individual universities accept or reject, often based on interview, and subject to satisfactory A-level results.

13. Standing Conference On University Entrance (S. C. U. E.)

Body of university teachers concerned with schools' curricula and examination standards. Regarded by many as the «counterweight» to the Schools Council. Each university nominates a member of S. C. U. E.

14. Engineering Professors Conference (E. P. C.)

An annual meeting of the 400 (approx.) Professors of engineering in U. K. universities. Has recently made in-depth studies of mathematics and physics requirements of university entrants. Has also made significant contributions to the Finniston Committee.

15. Finniston Committee

A Government sponsored committee, set up in 1977 and due to report in October 1979, chaired by Sir Monty Finniston. Its brief includes the needs for education and training of education and training of engineers in the national interest. It is expected to make recommendations on 4-year courses, registration and certification of engineers.

16. The Council of Engineering Institutions (C. E. I.)

Has a membership of 15 Engineering Institutions. A recent praiseworthy to give the Engineering Profession as a whole more weight in national affairs, but its standards tend to be those of the lowest common denominator. Maintains a register of Chartered Engineers (C. Eng.).

17. The Fellowship of Engineering

A newly-created honour for eminent engineers, meant to be the engineering equivalent of Royal Society Fellowship. Administered through C. E. I., and patronised by the Duke of Edinburgh.

APPENDIX 4

UNIVERSITY OF BRISTOL — DEPT. OF ENGINEERING MATHS.

COURSE CONTENT — Ma (T) (I) — 1978/79

Functions of one real variable

Functions as mappings, range, domain composition of functions, inverse functions.

Limits, continuity, intermediate value theorem, order of magnitude.

Differentiation, Rolle's theorem, mean value theorem, indeterminate forms and L'Hopital's rule, Taylor's formula with Lagrange's form of remainder, local maxima and minima, estimation of errors.

Iterative determination of real roots of equations (with consideration of convergence), numerical differentiation.

Functions of several real variales (mainly two variables)

Idea of neighbourhoods, continuity of functions.

Partial differentiation, the differential function and differentiability, techniques in partial differentiation, the directional derivative, small increments and errors.

Higher order partial derivatives, extremum problems in two and more dimensions, constrained extrema and the method of Langrange multipliers, the exact differential and integrating factors, the line segment in the plane and Taylor's formula with remainder in two variables.

Integration

One real variable — definition of the definite integral as limit of a sum, properties of definite integrals, integral inequalities, mean value theorem for integrals.

(*) There are some important differences in the Scottish system, being essentially to do with a broader education at school, earlier entry to university, and a 4-year university course.

Relation between differentiation and integration, the indefinite integral, the primitive.

Revision of techniques of integration (substitution, reduction formulae, partial fractions, completing the square, etc.).

Improper integrals of first and second type, classification of singularities.

Functions defined by integrals, their differentiation and integration (iterated integrals, numerical integration (with estimation of error).

Double integrals in the plane as sum limit, evaluation by iterated integrals, change of variable in double integrals, applications of double integrals (second moment of area, etc.).

Fourier series

Definition and development of Euler-Fourier formulae, outline of the Dirichlet conditions, even and odd functions, function extensions, sine and cosine half--range series, Fourier series over intervals other than $|-\pi, \pi|$, integration and differentiation of Fourier series. Applications of Fourier series.

COURSE CONTENT — I (2) — 1978/79

Physical quantities, units and numerical values.
Base and Derived quantities.
Dimensional matrix.
The International System of Units.
Principle of Homogeneity.
Numerics.
Empirical equations.
Change of units.
Complex numbers work.

Differential equations

Classification: ordinary or partial, degree and order.

Solution of following first order equations: variables separable, homogeneous and linear.

Second order linear equations.

Second order linear equations with constant coefficients.

Complementary function and particular integral.

Solution by means of Laplace Transform.

Construction of table of elementary transforms (enclosed).

Extension of results to n^{th} order equations with constant coefficients.

Simultaneous linear differential equations with constant coefficients.

Reduction of the order of a differential equation when one solution is known.

Approximate solution of differential equations.

Picard Sequence for $\frac{dy}{dx} = f(x, y)$, $y(a) = b$; Simpson and Milne integration formulae and their use in the Predictor-Corrector method.

Elementary exercises using BASIC.

Vectors

Scalar and vector quantities.
Localised and free vectors.
Notation.

The algebra of vectors: addition, subtraction, multiplication by a scalar, resolution, unit vectors, scalar and vector products of 2 vectors, triple products.

Application to elementary three-dimensional geometry of straight line, plane and sphere.

Areas.

Vector calculus: differentiation of a vector depending on a single variable.

Differentiation of sums, products and functions of a function.

Application to particle kinematics: formulae for velocity and accelaration in cylindrical polars r, θ.

Angular velocity vector for a rotating system of axes.

Examples of spherical polar co-ordinates.

Probability theory

Set theory.
Union and Intersection.
Disjoint sets.
Algebra of sets.
Product sets.
Finite countable,, and uncountable sets.
Partition.
Sample spaces and events.
Axiomatic development of probability.
Finite sample spaces and equally likely outcomes.
Brief mention of permutations and combinations.
Conditional probability.
Partitioning of the sample space.
Independent events.
One-dimensional random variables.
Equivalent events.
Discrete randon variable.
Binomial distribution.
Continuous random variable.

Probability density function and cumulative distribution function.

Expected value E (X) and variance V (X).

Expected value of a function of a randon variable.

Normal distribution.

Derivation of the exponential and Poisson distributions by consideration of simple models.

Relation between the Poisson and Binomial distributions.

Determinants and matrices

Definition of a determinant.
Elementary properties.
Elementary manipulation of matrices.
Determination of inverse by now operations.
Use of the adjugate.

Complex numbers

Arithmetic of complex numbers.
Argand diagram.
Hyperbolic functions.
Relation to trigonometric functions.
De Moivre's and n^{th} roots of a number.

UNIVERSITY OF BRISTOL
DEPARTMENT OF ENGINEERING MATHEMATICS

MATHEMATICS II 1978/79: COURSE CONTENT

The course consisted of a «core» course, comprising 48 lectures and 48 tutorial periods, and an optional course of 10 lectures on Complex Variable and 10 lectures on Systems. Students who chose to attend the additional course did so instead of one core tutorial a week.

CORE COURSE

Matrix Algebra, Laplace Transforms, Systems — **13 lectures**

Matrix Algebra: Gauss elimination — discussion of conditions for consistency of sets of equations — homogeneous sets of equations — determinants — inverse matrix — eigenvalues and eigenvectors (definition of, computation of) — diagonalisation of matrices — application of diagonalisation to solution of $\dot{\underset{\sim}{x}} = A\underset{\sim}{x}$

Laplace Transforms: Transforms of H (t) and δ (t) — applications to physical systems.

Systems: «Black box» concept — systems representable by matrices — Laplace transforms and transfer functions — control of systems — feedback control — stability — response to periodic input — amplification and phase lag — response to general input (convolution integral) — controllability.

Probability and Statistics — **7 lectures**

Decision under uncertainty: utility, subjective probability, expected utility; Bayes' Theorem; analysis of multi-stage decision problems.

Statistics: hypotheses, likelihood, likelihood ratio; maximum likelihood estimates of parameters; updating probabilities of hypotheses; likelihood for continuous data.

Numerical Analysis — **11 lectures**

Interpolation — polynomial interpolation — drawbacks of same — least squares cuve fitting. Differentiation — discussion of unreliability of same. Integration — revision of Trapezium and Simpson's rule — Error formulae for both — Romberg procedure for accelerated convergence of Trapezium Rule — method of undetermined coefficients for obtaining general integration formulae — Gaussian integration formulae (the basic concepts only). Solution of ODES — Taylor series and truncated Taylor series methods — predictor corrector methods — Runge-Kutta methods — (all generally emphasizing the idea of truncation errors and accuracy of each method and also computational convenience of each) — Sets of ODES.

Partial-Differential Equations — **8 lectures**

Examples of partial differential equations in engineering; Laplace, wave, diffusion, biharmonic, Maxwell's, telegraphy, Navier-Stokes equations.

Types of partial differential equations; superposition of solutions; form of solutions; boundary conditions.

Travelling waves, 1-D infinite and semi-infinite space. Separation of variables (usually wave or diffusion equations): eigenvalues and eigenfunctions superposition of eigenfunctions, non-homogeneous boundary conditions.

Bessel functions: qualitative discussion of J_m, Y_m, I_m, K_m; orthogonality relations (not proved); solution of partial differential equations in cylindrical polar co-ordinates.

Vector Calculus — **9 lectures**

Revision of vector algebra [handout].
Scalar and vector fields.
Derivatives: gradient, derived from directional derivative; divergence, curl: mathematical difinitions and phynical interpretations; ∇_i second derivatives.

Integrals: qualitative discussion of line, surface and volume integrals; evaluation of line integrals.

Integral Theorems: divergence theorem, corollaries; Stokes' Theorem; consequences of div and Stokes' Theorem; physical definitions of div and curl; potential fields [handout]. Applications to fluid mechanics, heat transfer and electrostatics.

Curvilinear co-ordinates; co-ordinate curves and surfaces; expressions for line, surface and volume elements; grad, div, curl in orthogonal co-ordinates (div and curl stated without derivation).

Additional Course Content — **10 lectures**

Complex Variable

1. Revision of complex algebra.

2. Functions of a complex variable.

Limits, continuity and derivatives of functions of a complex variable. Cauchy-Riemannequations, analytic and harmonic functions. Determination of an analytic function given its real and/or imaginary parts.

3. Elementary functions and their inverses.

Exponential, hyperbolic, trigonometric, logarithmic generalised exponential and power functions.

4. Analytic functions as mappings.

Conformal mapping — linear, inversion and bilinear mappings. Examples.

5. Application of conformal mappings.

Two-dimencional inviscid flow.
Two dimensional heat transfer (steady).

Systems **10 lectures**
Information Theory

Definition of information in the information theoretic context.
Number system.
Language redundancy.
Entropy.
Maximum entropy concept and statistical distributions.

UNIVERSITY OF BRISTOL
DEPARTMENT OF ENGINEERING MATHEMATICS

THIRD STAGE ADVANCED MATHEMATICS COURSES — 1979/80

A range of optional courses is provided, arranged in two groups labelled F (first term) and S (second term), each group containing 4 subjects. Students must follow a *minimum* of two courses from each group, amounting to a lecture time of three hours per week on average.

The examination will consist of two 3-hour papers, one on the F and one on the S group of subjects. A student will be permitted to answer questions, up to the requisite number, from any part of the paper.

F1	Control Theory	(III Ω)
F2	Waves	(III Ω)
F3	Mathematical Methods	(II Ω)
F4	Variational Methods	(III Ω)
S1	Decision Theory	(II Ω)
S2	Operational Research	(II Ω)
S3	Numerical Analysis	(II Ω)
S4	Elasticity	(III Ω)

(II Ω) denotes a course taken by 2nd year Engineering Mathematics students as well; (III Ω) denotes a course which may be taken by 3rd year Engineering Mathematics students as well.

A brief description of each course follows. The Lecturer concerned will give a preview of his course at his first lecture and indicate its relevance to engineering.

The courses are formally timetabled on a 10-week basis as shown below: the third term is left for consolidative work on both F and S courses. Each course is timetabled for 15 hours (in 10 weeks), the third term is left for consolidative work on both F and S courses.

First Term

Monday	9-10	Dr. Richardson	F2
	12- 1	Prof. Milne	F4
Wednesday	9-10	Dr. Sayer	F3
Thursday	11-12	Dr. Sayer	F3 weeks 1-5
		Dr. Wright	F1 weeks 6-10
Friday	9-10	Prof. Milne	F4 weeks 1-5
		Dr. Richardson	F2 weeks 6-10
	12- 1	Dr. Wright	S1

Second Term

Monday	9-10	Mr. Pilsworth	F1
	12- 1	Mr. Pilsworth	S2
Wednesday	9-10	Mr. Pilsworth	S2 weeks 1-5
		Dr. Gaydon	S4 weeks 6-10
Thursday	11-12	Dr. Reece	S3
Friday	9-10	Mr. Pilsworth	S3 weeks 1-5
		Dr. Reece	S3 weeks 6-10
	12- 1	Dr. Gaydon	S4

F1 — **CONTROL THEORY** Dr. Wright

The course consists of an extensive study of the structure and behaviour of multivariate linear systems. These arise in practice either in their own right, or as approximations to nonlinear systems encountered in medical, chemical and nuclear physics, ecology and economics, as well as engineering.

Questions which will be covered are:

(i) Controllability (whot states can be reached from the current state in finite time?).
(ii) Observability (what observations are needed in order to identify the state of the system?).
(iii) Stability (what happens to time $\rightarrow \infty$?).
(iv) Optimality (how to steer the system to a desired state at minimum cost).

The course will end with Kalman filtering — a technique for processing the observations in order to reduce the effects of random disturbances or errors, which is important in feedback control.

F2 — **WAVES** Dr. Robertson

Field theory arises from continuum analyses of physical systems and is remarkable in that it provides a means of unifying apparently unrelated physical behaviour. Perhaps the most commonly occurring physical phenomenon is that of a wave. This course will concentrate on small amplitude (linear) disturbances, and highlight the distinction between hyperbolic and dispersive waves. In doing so it will consider waves in solids, acoustic, hydrodynamic and electromagnetic waves, reflection and refraction at interfaces and wave guide phenomena.

F3 — **MATHEMATICAL METHODS** Dr. Sayer

The mathematical models used to describe psysical problems occurring in Engineering and Physics frequently contain ordinary and/or partial differential equations. Allied to these equations are the so-called boundary conditions. These may, for example, relate to the initial state of a system. Together the equations and boundary conditions give rise to what are termed boundary value problems. The lecture course will discuss the solution of some of these in detail. Reference will be made to the existence and uniqueness of solutions, mathematical techniques for solving particular equations and some of the various special functions that occur in these solutions.

This course will be attended by second stage Engineering Mathematics students.

F4 — **VARIATIONAL METHODS** Professor Milne

Applied mathematics involves modelling physical situations in mathematical form. Assumptions have to be made about the underlying physics of the problem in order to yield a workable mathematical model. Even then the resulting equations, be they differential, integral or more general operator equations, are not usually amenable to analytic solution.

Instead some type of approximation method must be used to yield a solution which may be purely numerical or partly analytical, partly numerical. In this process the digital computer naturally plays a central role.

Approximation techniques based on variational principles have a flexibility and intuitive geometric appeal that makes them very attractive. The central idea is to replace the given differential or integral equation by an equivalent minimisation problem: this restatement of the problem then allows a systematic approximation technique to be followed.

In this course the basics of the variational calculus will be used to show how differential (and other) equations can be reformulated in the manner outlined above. Based on this reformulation the Rayleigh-Ritz and Galerkin methods of approximation will be introduced and used on typical problems. The course will end with an introduction to the finite element method which is a particular form of these approximation techniques.

S1 — **DECISION THEORY** Mr. Pilsworth

Numerous decisions are made by each one or us every day of our lives. Some are non ulcer-forming in that their outcome is of little importance, but others will give direction to future development, which in some instances may even be irreversible. Many political, military, social and technical decisions are of such complexity that one would hope to find some form of scientific approach to help give a certain rationality to the decisions one makes.

When looking for best decisons, one pre-supposes that goals or aims have already been given to the decision maker to act as standards by which one decision can be compared with another. The choice of such goals is, of course a decision process in itself.

The course will attempt to give a scientific approach to decision making, dealing in the main with basic principles. Simple examples will be used from many fields, and the theory will he dealt with through these examples. Management, control, statistical and technological examples will be solved.

S2 — **OPERATIONS RESEARCH** Mr. Pilsworth

This course will cover the techniques which form the basis for much of current practise in operations research. The course begins with some optimisation theory which will serve as a foundation, and then moves into linear programming. The use of the simplex method for solving such problems is described in detail, with the transportation problem as an illustration. Next comes game gheory, including the representation of simple game problems in linear programming form and vice versa. A short discussion of network analysis and queueing theory completes the course.

S3 — **NUMERICAL ANALYSIS** Dr. Reece

Numerical analysis has become an important part of the armoury of the engineer, as it is only by means of approximate methods that we are able to compute solutions of real problems — i.e. the very large class of problems without «exact» solutions. With the advent of the high-speed computer, the range of such problems that can be solved in practice has increased anormously.

The first half of the course will be theoretical and will deal with various methods of finite-difference approximation.

In the second half, the course will examine in detail the significant class of physical problems that satisfy equations analogous to the equation of heat conduction. Students will learn how to solve problems chosen from this class, which includes, e.g. non-Newtonian flow in ducts, the cooling of ingots, the «blowing» of a fuse, and the field surrounding a tape-recorder head.

S4 — **ELASTICITY** Dr. Gaydon

A basic knowledge of the theory of elasticity for small strains is essential for an engineer concerned with machines or structures incorporating metals. The small

strain theory is linear and is a remarkably good model for most deforming metals until the onset of plasticity. The course will introduce the theory of infinitesimal elasticity with illustrations of its application in torsion, bending, plane-strain and generalised plane stress.

UNIVERSITY OF BRISTOL
DEPT. OF ENGINEERING MATHS.

3rd STAGE MATHEMATICS COURSES FOR 2nd and 3rd CURRICULUM STUDENTS

There are two courses available to students. The two courses are:

OPERATION RESEARCH Mr. Sim Williams
(48 periods)

Operations Research is concerned with the application of mathematical optimisation techniques to problems of organisation and decision in Industry and Business. The course describes two families of optimisation procedures: Linear Programming and Dynamic Programming, and applies these procedures and others derived from them to a wide selection of problems. The optimisation techniques do not depend on second year mathematics courses and so students who have not mastered second year mathematics may prefer this course. A major feature of the course is the emphasis on converting real life problem description into mathematical formulations.

MODERN MATHEMATICAL METHODS Dr. Gaydon and Mr. Pilsworth
(30+18 hours)

In many problems an analytical solution is impossible. The course covers a number of methods of approximation: — least square polynomials, orthogonal polynomials due to Legendre and Chebyshev. Variational methods of approximation due to Rayleigh, Ritz, Treftz and Galerkin are then studied. A finite difference method of solution of partial differential equations is developed and the finite-element method is introduced. (30 hours).

An approach to rational decision making under conditions of uncertainty will be described and applied to the solution of practical problems taken from such fields as management science, economics and engineering design. In addition certain mathematical techniques associated with operational research, such as linear programming, will be studied and their application described. (18 hours).

The lectures for these courses are at different times so that students can attend both if they wish before making their final choice.

NOTICIÁRIO

(Continuação da pág. 284)

NOVA LEGISLAÇÃO MINEIRA QUASE PRONTA

Tem 100 artigos o projecto de diploma que passará a constituir o enquadramento jurídico da actividade mineira no nosso país.

Nos termos do projecto os depósitos e jazigos minerais existentes em território nacional e nos fundos marinhos da zona económica exclusiva pertencem ao domínio público do Estado e o seu aproveitamento será regulado pelo novo diploma. Exceptuam-se deste regime as ocorrências de petróleo, de águas minerais e de mesa cujo aproveitamento é regulado por leis especiais.

Será permitida a atribuição de licenças de prospecção e pesquisa a empresas com a maioria de capital estrangeiro mediante prévia autorização do Conselho de Ministros. No entanto, os contratos de licença de pesquisa e exploração estipularão as condições de acesso à exploração dos depósitos minerais encontrados, e deles constará a obrigatoriedade da concessão ser outorgada a sociedade com maioria de capital português.

Por outro lado, as rochas e ocorrências de minerais comuns, sem elevado valor intrínseco e insusceptíveis de aplicação em processos industriais, não se integram no domínio público do Estado, sendo o seu aproveitamento regulado pela legislação de pedreiras.

(Informação do «Expresso», de 8-3-80)

JUNTA DE INVESTIG. CIENTÍFICA PROPÕE COLABORAÇÃO DA OCDE

UMA PROPOSTA visando a análise e eventual proposta de reformulação do Sistema Científico e Tecnológico Nacional, por técnicos da OCDE, foi apresentada ao Secretário de Estado do Plano, pela Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica.

A proposta elaborada pela JNICT sugere que o Governo Português, a exemplo do que sucedeu com outros países europeus, nomeadamente Suécia, Inglaterra, França, Jugoslávia, Itália e Espanha, solicite à OCDE uma colaboração no sentido de técnicos deste organismo procederem à exaustiva o nosso Sistema Científico e Tecnológico e proporem eventuais reestruturações. A análise dos técnicos estrangeiros teria de ser feita em cooperação com as autoridades portuguesas sendo estas livres de não aceitarem o relatório final da OCDE. No entanto, caso esse relatório fosse aceite, Portugal teria de respeitar normas estrictas do jogo, passando este organismo europeu a funcionar, em certas circunstâncias, como consultor no caso de financiamentos externos.

(Informação do «Expesso», de 23-2-80)

CICLO DE CONFERÊICIAS

Produção, Transporte e Distribuição de Energia; Fiabilidade e Optimização

Porto, 6 e 8 de Maio de 1980

As conferências realizam-se na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua de Braga — Porto, sendo organizadas pelo Departamento de Engenharia Electrónica da FEUP.

É coordenador o Professor Doutor António Almeida do Vale, da FEUP.

As conferências contam com a participação dos Doutores R. Allan e A. Brameller ambos da Universidade de Manchester.

O programa é o seguinte:

PROGRAMA

SESSÃO I — 6/5/80

9.30 h. — **Abertura**
Prof. A. Almeida do Vale, FEUP

10.30 h. — **Tratamentos térmicos de locais**
Eng. Teixeira de Melo, FEUP

11.30 h. — **Planeamento de centros produtores**
Eng. Soares David, EDP

SESSÃO II — 6/5/80

15.00 h. — **Aplicações de fiabilidade na indústria**
Dr. R. Allan, UMIST

17.30 h. — **Controlo em tempo real**
Dr. A. Brameller, UMIST

SESSÃO III — 7/5/80

9.30 h. — **Segurança, hoje e amanhã**
Eng. Guilherme Martins, DGE

10.30 h. — **O despacho nacional**
Engs. G. Lobo, A. Vidigal, T. Rego e P. Valente, EDP

11.30 h. — **Fontes alternativas de energia**
Prof. Oliveira Fernandes, FEUP

SESSÃO IV — 7/5/80

15.00 h. — **Análise de Sistemas Eléctricos**
Dr. A. Brameller, UMIST

17.30 h. — **Fiabilidade em redes de distribuição**
Dr. R. Allan, UMIST

SESSÃO V — 8/5/80

9.30 h. — **Controlo de redes por microcomputadores**
Prof. Traça de Almaida, FCTUC

10.30 h. — **Objectivos múltiplos e planificação energética**
Prof. Traça de Almeida, FCTUC

11.30 h. — **Esperança de vida de máquinas eléctricas**
Prof. Carlos Carvalho, FEUP

SESSÃO VI — 8/5/80

15.00 h. — **Montagem de redes em cabos em torçada**
Eng. Tec. Cunha Figueiredo, SOLIDAL

— **Cabos secos de Alta Tensão**
Eng. Campos Costa, SOLIDAL

17.00 h. — **Encerramento**

Resumo dos Artigos publicados na «Técnica» n.º 457

Ano LV — Fevereiro 1980

CASTRO, P. M. S. Tavares de; RADON, J. C.; CULVER, L. E. — *Análise linear elástica pelo método dos elementos finitos do povete DCB usado em mecânica da fractura,* «Técnica», Lisboa, LV (457) Fev. 1980, p. 245-250.

A deformação linear elástica de um provete DCB (double cantilever beam) foi analisada usando o método dos elementos finitos. Os resultados foram comparados com medições experimentais levadas a cabo em provetes de alumínio. A relação entre a abertura da fissura à face do provete, medida com um transdutor do tipo COD clip gauge, e o deslocamento nos pontos de aplicação da carga, relevante para um conjunto de situações referidas, é apresentada.

LOPES, J. M. Brisson — *Notas sobre o traçado do diagrama psicrométrico do ar,* «Técnica», Lisboa, LV (457) Fev. 1980, p. 251-262.

Neste trabalho analisam-se os problemas que surgem quando se traça um diagrama psicrométrico do ar num traçador de gráficos acoplado a um computador. O diagrama que se apresenta é o diagrama entalpia — humidade específica com a linha de 0º C na posição vertical. Confrontam-se algumas expressões de propriedades a representar no diagrama e apresenta-se uma expressão para o cálculo do factor térmico ambiente. Apresentam-se ainda algumas considerações práticas e úteis para o traçado.

CASTRO, M. A. Teixeira de — *Estudo retrospectivo de cimento Portland de alta resistência inicial com teores de magnésia reputados anormais,* «Técnica», Lisboa, LV (457) Fev. 1980, p. 263-273.

A Memória dá ênfase à inocuidade da presença da magnésia no cimento Portland, pelo menos dentro dos limites referidos.

Alude preliminarmente às propriedades essenciais do cimento Portland desde o alvor de sua industrialização as quais, vindo-se apromorando, têm originado diversificação de características capazes de satisfazer exigências sempre crescentes.

Faz um retrospecto das propriedades de cimento Portland comum fabricado no Brasil, no decorrer de anos consecutivos, com propriedades perfeitamente normais, em que os índices de resistência crescem com os teores de MgO.

Baseado no êxito industrial é se levado a produzir cimento de alta resistência inicial, mesmo em presença de altos teores de MgO, com resultados perfeitamente satisfatórios.

Procura dar uma interpretação aos resultados obtidos e cita alguns experimentadores alheios.

Finalizando faz uma série de recomendações tendentes à obtenção de cimento Portland de alta resistência inicial mesmo em presença de elevados teores de MgO.

ABREU, Rodrigo de — *Alguns aspectos da energia nuclear de Röntgen to PWR,* «Técnica», Lisboa, LV (457) Fev. 1980, p. 275-284.

Pretende-se fornecer elementos que proporcionem uma melhor compreensão dos processos físicos associados à energia nuclear.

SEVERN, R. T. — *O ensino da matemática e da física para engenheiros e cientistas — a posição actual do Reino Unido,* «Técnica», Lisboa, LV (457) Fev. 1980, p. 285-299.

Synopsis of articles published in «Técnica» n.° 457

LV - February 1980

CASTRO, M. A. Teixeira de — *Retrospective study on high early strength Portland cement with unusual magnesia content*, «Técnica», Lisboa, LV (457) Fev. 1980, p. 263-273.

The Study emphasizes that magnesia is innoxious to Portland cement within the limits referred into.

The fact, that the main properties of Portland cement since its early manufacture days have been in a continuous progress, has led to diversify properties capable to meet enlarging requirements.

It is given a retrospective view of ordinary Portland cement produced in Brasil in the course of consecutive years, properties of which are quite normal, the strength increasing with the magnes a content.

In view of that success it was conceived to produce high early strength Portland cement with unusual magnesia content, properties of which are quite satisfactory.

It is looked for an interpretation of the results and a few searchers are cited.

Finally a few factors, that would enable the production of high early strength Portland cement with high magnesia content, are pointed out.

ABREU, Rodrigo de — *Some aspects of nuclear energy from Röntgen to PWR*, «Técnica», Lisboa, LV (457) Fev. 1980, p. 275-284.

This work aims to give some information about the basic physical phenomena associated with nuclear energy.

SEVERN, R. T. — *The teaching of mathematics and physics to engineers and scientists — the presente U. K. position*, «Técnica», Lisboa, LV (457) Fev. 1980, p. 285-299.

CASTRO, P. M. S. Tavares de; RADON, J. C.; CULVER, L. E. — *Linear elastic fracture mechanics analysis of a DCB specimen using the finite element method*, «Técnica», Lisboa, LV (457) Fev. 1980, p. 245-250.

The Finite Element Method was used in the linear elastic analysis of a DCB (double cantilever beam) specimen. The present results are compared with experimental measurements carried out in aluminium specimens.

A relationship is established between the crack opening displacements, which have been measured with a COD clip gauge, and the displacement of the points where the load is applied. This relationship is established for a relevant range of crack lengths.

LOPES, J. M. Brisson — *Plotting of psychrometric charts*, «Técnica», Lisboa, LV (457) Fev. 1980, p. 251-262.

This paper presents the principal problems occurying when drawing a psychrometric chart on a plotter coupled to a computing system. In this case the chart to be drawn was a distorted enthalpy — moisture content chart in order to present dry bulb temperature and moisture content as the principal axes and a vertical 0° C dry bulb temperature line. A few expressions for the properties are compared and a new expression for the room factor calculation is presented. A few pratical expressions which allow easy plotting of the diagram are discussed.

SETENAVE ESTALEIROS DE SERVIÇO COMPLETO

Os armadores dispõem na Europa de um dos maiores estaleiros navais. Onde se constroem e reparam navios até 700 000 tdw.

SETENAVE:

Óptima localização
Ultra moderna tecnologia
Máximo rendimento de trabalho
Capacidade de resposta rápida a quaisquer exigências

E mais. Possui, uma moderníssima estação de limpeza e desgasificação e também uma frota de rebocadores

setenave
Estaleiros Navais de Setúbal
Tel. 06520101, 06520151 — Telex 13143
P.O.Box 135 — 2902 SETUBAL CODEX — PORTUGAL

HS1-HIPER

Edições da Técnica

TABELA DE PREÇOS

TABELAS PARA O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO

Brazão Farinha, 6.ª edição — 1970 . . . . 600$00

TOPOGRAFIA GERAL

C. Xerez — 1.º vol. 3.ª edição — 1978 . . 460$00
C. Xerez — 2.º vol. 2.ª edição — 1966 . . (*)

TABELAS TÉCNICAS

Vicente Ferreira e Brazão Farinha, 8.ª edição 1977 700$00

MANUAL DE HIDRÁULICA GERAL

A. Lencastre, 2.ª edição — 1969 . . . . . 580$00

DICIONÁRIO DE UNIDADES E TABELAS DE CONVERSÃO

Vasco Costa e Osvaldo Francês, 1.ª edição — 1959 (*)

NÚMEROS E VARIÁVEIS COMPLEXAS

A. H. Simões de Abreu, 1.ª edição — 1977 400$00

GUIA DE ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS

A. Herculano de Carvalho, 1.ª edição — 1961 200$00

CÁLCULO DE PÓRTICOS

G. Kani — Trad. da 7.ª edição alemã — 1962 150$00

MANUAL DE ESTRUTURAS

Brazão Farinha — 1.º vol. 1.ª edição — 1976 750$00

2.º e 3.º Volumes . . . . . (*)

BETÃO PREESFORÇADO

(A cargo dos participantes na Semana de Betão Preesforçado — I. S. T. — 1975) . . 550$00

HIDRÁULICA GERAL

1 — Fundamentos teóricos, 1.ª ed. — 1979 675$00
2 — Escoamentos Líquidos . . . . . (*)

A. Manzanares

PROPAGAÇÃO E RADIAÇÃO DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

1 — Ondas e Meios Materiais, 1.ª ed. - 1979 560$00
2 — Radiação 1.ª ed. - 1980 . . . . . 560$00

M. de Abreu Faro

Monografia n.º 1

CAUDAL PARA DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS HIDRÁULICAS E AMORTECIMENTO DE CHEIAS EM ALBUFEIRAS

António Carvalho Quintela e António Betâmio de Almeida, 1.ª edição — 1975 . . . 10$00

Monografia n.º 2

ESCOAMENTO COM SUPERFÍCIE LIVRE EM CANAIS DE SECÇÃO CIRCULAR

António Betâmio de Almeida, 1.ª ed. — 1978 30$00

(*) LIVROS A PUBLICAR BREVEMENTE

Desconto de 10% aos assinantes

PEDIDOS À **técnica**